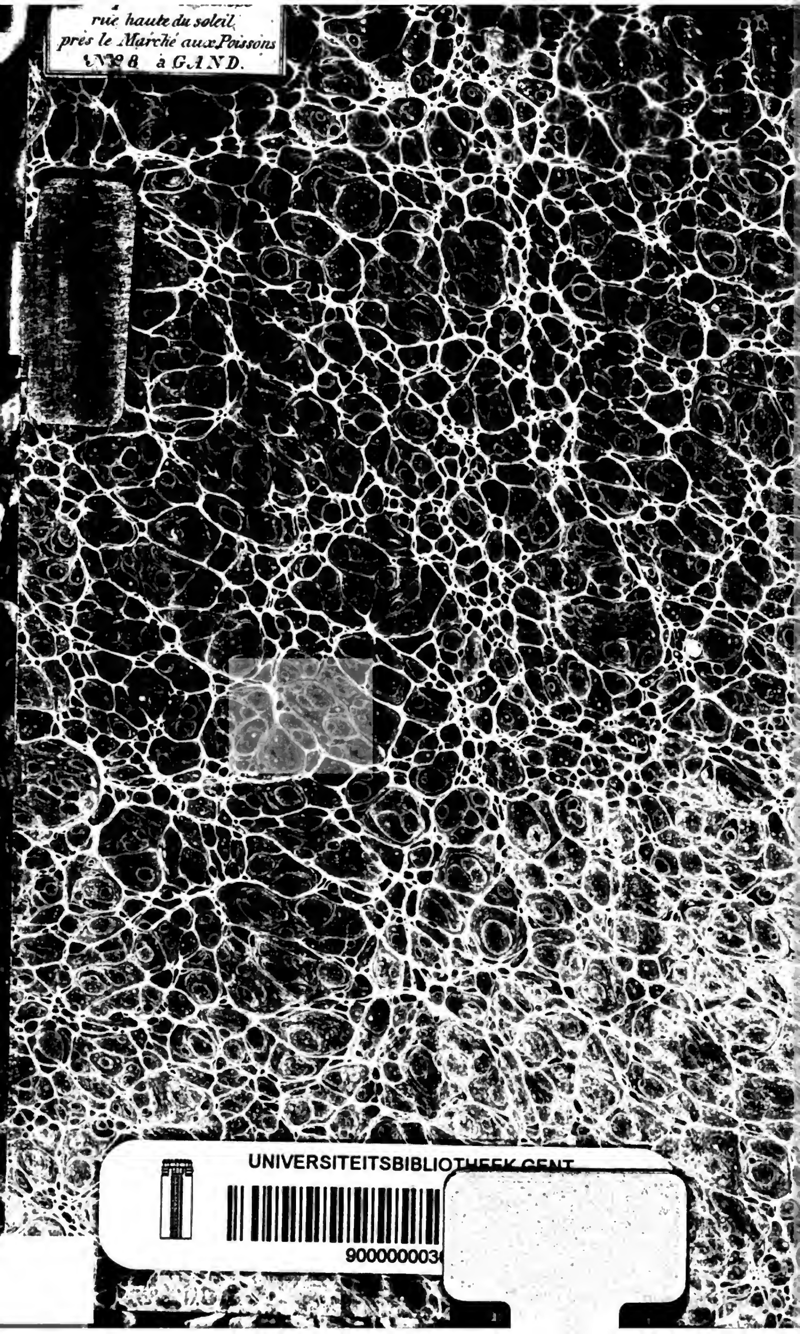
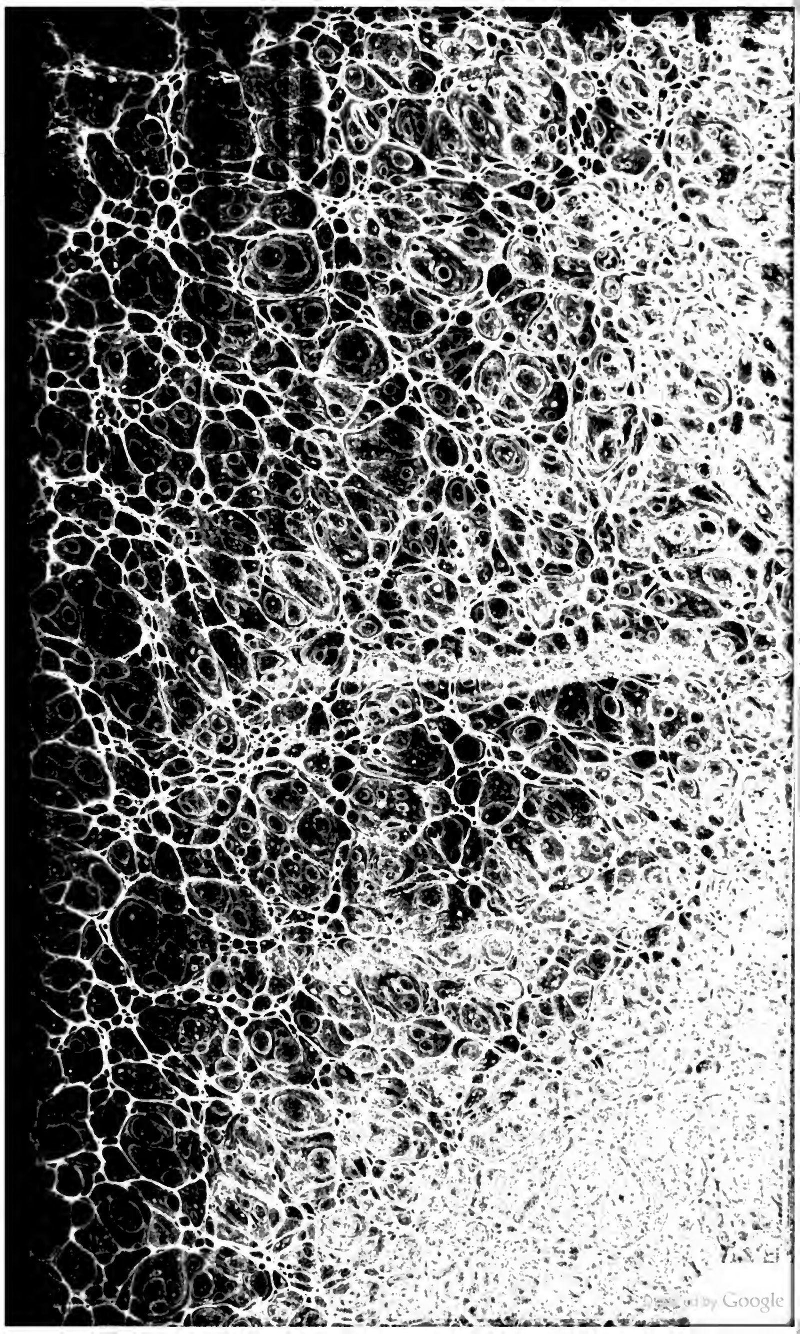



rue haute du soleil,
près le Marché aux Poissons
N° 8 à GAND.
UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK GENT
900000003



TRAITÉ PRATIQUE

DE CHIMIE.

ON TROUVE CHEZ LE MÊME LIBRAIRE :

IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT,
RUE JACOB, N° 24.

TRAITÉ PRATIQUE

DE CHIMIE

APPLIQUÉE AUX ARTS ET MANUFACTURES, A L'HYGIÈNE ET A L'ÉCONOMIE DOMESTIQUE,

PAR S. F. GRAY;

TRADUIT DE L'ANGLAIS, ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉ ET MIS EN HARMONIE AVEC NOS BESOINS, NOS USAGES, OU LES MATIÈRES QUE NOUS POUVONS EMPLOYER.

PAR T. RICHARD.

Tome Premier.

PARIS,

CHEZ ANSELIN, SUCCESSEUR DE MAGIMEL,

LIBRAIRE DE LA GARDE ROYALE ET DES TROUPES DE TOUTES ARMES,

RUE DAUPHINE, N° 9.

1828.



AVANT-PROPOS.

Cet ouvrage devant être publié par livraisons, j'ai cru devoir joindre à la première le tableau des mesures anglaises et leurs rapports avec les nôtres, afin de rendre cette livraison immédiatement utile.

J'ai emprunté une partie de ces Tables à la chimie de Thompson; mais j'ai eu le soin d'y ajouter les rapports entre les mesures de capacité employées depuis quelques années en Angleterre, et qui ne l'étaient point encore lorsque la traduction de Thompson fut publiée.

Ces rapports sont établis pour les principales unités seulement; au moyen du tableau qui les précède, et où j'ai développé le nouveau système tout entier des poids et mesures de la Grande-Bretagne, il sera facile de trouver un rapport quelconque. Ainsi, par exemple, nos Tables ne donnent point la quantité de litres correspondante à un *peck;* mais, comme (Table VI) un peck vaut 2 gallons, et 1 gallon 4 pints, il résulte que le *peck* équivaut à 8 *pints,* dont la valeur en litres est (Table XVII), ou 3.785 litres, ou 4.543..., selon que la pinte dont il s'agit est l'ancienne, ou la nouvelle dite impériale. S'il nous eût fallu donner les rapports entre toutes les espèces d'unités, le volume de cette livraison eût été à peine suffisant.

Enfin, je n'ai donné ces rapports que pour un nombre d'unités compris entre 1 et 9, parce que, les valeurs correspondantes aux unités anglaises étant presque

toujours exprimées en mesures métriques, il suffit de déplacer le point qui sépare les nombres entiers des décimales, pour multiplier ou diviser ces nombres par 10, 100, 1000, suivant qu'on le transporte de un, deux ou trois rangs plus bas ou plus haut, et qu'on peut ainsi obtenir le rapport d'un nombre quelconque.

Si l'on demandait, par exemple, la quantité de litres équivalente à 63 pintes impériales : puisque 6 de ces pintes valent (Table XVII) 3.4075908, 60 valent 34.075908, nombre qu'on obtient en reculant le point d'un rang sur la droite; puis, comme 3 de ces pintes valent 1.7037954, on a, pour les 63 pintes, 34.075908, plus 1.7037954, ou 35.7797034 litres. Il en est de même des autres Tables.

Nous avons donc conservé dans tout le cours de l'ouvrage les nombres exprimés en mesures anglaises; à la rigueur, il eût été possible de les traduire en mesures métriques; mais nous aurions ainsi remplacé des nombres ronds par des nombres fractionnaires, que l'esprit ne saisit et ne retient pas aussi bien, et qu'il est souvent assez inutile de convertir.

MESURES ANGLAISES.

Une loi du 17 juin 1824 a établi l'uniformité des poids et mesures dans toute l'étendue de la Grande-Bretagne.

A l'exception des mesures de *capacité*, qui ont toutes été remplacées par d'autres, on n'a fait qu'étendre aux trois royaumes l'usage des mesures usitées à Londres.

Les nouvelles mesures sont qualifiées d'*impériales*,

pour les distinguer des anciennes; et la base de toutes ces mesures, le module dont elles dérivent toutes, est l'*yard impérial.*

Ce *yard impérial* est la distance entre deux points marqués sur deux clous en or fixés à une règle de cuivre servant d'étalon, pris à la température de 62° Fahrenheit.

La longueur de cette règle, à la température de 62° Fahrenheit, est, à celle du pendule qui bat la seconde, sexagésimale de temps moyen à la latitude de Londres, dans le vide, et au niveau des mers, comme 360000 est à 391393.

La 36e partie de la longueur de cette règle est le *pouce* (inch); d'où il résulte qu'en divisant la longueur du pendule en 391393 parties, 10000 de ces parties formeront l'*inch.*

Cela posé, on a :

TABLE I.

Mesures linéaires.

$\frac{1}{39.1393}$ du pendule cité	=	1 inch (pouce).
12 inches	=	1 foot (pied).
3 feet	=	1 yard.
6 feet	=	1 fathom (toise).
5 $\frac{1}{2}$ yards	=	1 pole ou perch.
40 poles ou 220 yards	=	1 furlong.
8 furlongs ou 1760 yards	=	1 mile (mille).

TABLE II.

Mesures de superficie.

144 pouces carrés (square inches)	=	1 pied carré (square foot).
9 square feet (pieds carrés)	=	1 square yard (yard carré).
30 $\frac{1}{4}$ square yards (yards carrés)	=	1 square pole.
40 square poles ou 1210 yards carrés	=	1 rood.
4 roods ou 4840 yards carrés	=	1 acre (mesure agraire).

a.

TABLE III.

Mesures cubiques.

1728	cubic inches (pouces cubes)	=	1 cubic foot (pied cube).
27	cubic feet (pieds cubes)	=	1 cubic yard (yard cube).

POIDS.

L'unité de poids est la livre de troy; mais on se sert, pour peser les grandes masses, d'une autre unité dite livre *avoir du poids*. Ces deux espèces de livres sont réglées sur deux étalons; et l'on a trouvé qu'un pouce cube d'eau distillée, pesé dans l'air avec des poids de cuivre, la température étant 62° Fahrenheit et le baromètre à 30 pouces, pèse 252458 grains de troy; d'où :

TABLE IV.

Poids de troy (troy weight).

				Pouces cubiques d'eau.
$\frac{1}{252.458}$ de pouce cubique d'eau	=	1 grain	=	0.0039610571428.
24 grains	=	1 penny weight	=	0.0950653714285.
20 penny weights	=	1 ounce (once)	=	1.901307428571.
12 ounces	=	1 pound (livre)	=	22.815689142857.

TABLE V.

Poids des grandes masses (avoir du poids weight).

La livre avoir du poids pèse 7000 grains de troy.

				Pouces cubes d'eau distillée.		Nouveaux gallons d'eau.
$27\frac{11}{32}$ grains	=	1 dram	=	0.10831015625	=	$\frac{1}{2560}$
16 drams	=	1 ounce	=	1.7329625	=	$\frac{1}{160}$
16 ounces (onces)	=	1 pound (livre)	=	27.7274	=	$\frac{1}{10}$
28 pounds (livres)	=	1 quarter cwt.	=	776.3672	=	$2\frac{4}{5}$
4 quarters	=	1 hundred weight	=	3105.4688	=	$11\frac{1}{5}$
20 hundred weights	=	1 ton.	=	6210.93760	=	224

N. B. 175 livres de troy = 144 livres avoir du poids, et 175 onces de troy = 192 onces avoir du poids.

TABLE VI.

Mesures de capacité pour les liquides, le blé, etc.

L'étalon des mesures de capacité, tant pour les liquides que pour les solides mesurés *raz*, est le gallon impérial.

Dix livres avoir du poids, ou 277.274 pouces cubes d'eau distillée à 62° Fahrenheit, le baromètre étant à 30 pouces, sont la capacité du nouveau gallon impérial.

				Livres avoir du poids.		Pouces cubes d'eau.
5 onces avoir du poids.	=	1 gill	=	$\frac{5}{16}$	=	8.6643125.
4 gills	=	1 pint	=	1 $\frac{1}{4}$	=	34.65925.
2 pints	=	1 quart	=	2 $\frac{1}{2}$	=	69.3185.
4 quarts	=	1 gallon	=	10	=	277.274.
2 gallons	=	1 peck	=	20	=	554.548.
4 pecks ou 8 gallons	=	1 bushel (boisseau)	=	80	=	2218.192.
8 bushels (boisseaux)	=	1 quarter	=	640	=	17745.536.

TABLE VII.

Mesures combles.

La chaux, le charbon, les pommes de terre, les fruits, se mesurent comble. Le *bushel*, que nous avons traduit dans tout le cours de l'ouvrage par boisseau, est l'unité la plus usitée pour ces mesures.

Le bushel contient 80 livres avoir du poids, ou 2218.192 pouces cubes d'eau distillée à 62° Fahrenheit, le baromètre étant à 30 pouces. Il est cylindrique, et a 19 pouces et demi d'un bord à l'autre; le comble doit former un cône de 6 pouces de hauteur.

				Livres d'eau avoir du poids.		Pouces cubes d'eau.
8 imperial gallons	=	1 bushel	=	80	=	2218.192.
3 bushels	=	1 sack (sac)	=	240	=	6654.576.
12 sacks (sacs)	=	1 chaldron	=	2880	=	79854.912.

TABLE VIII.

Dimensions des mesures nouvelles de capacité.

MESURES.	PROFONDEUR en pouces anglais.	DIAMÈTRES intérieurs en pouces anglais.	DIAMÈTRES extérieurs en pouces anglais.	ÉPAISSEUR de l'enveloppe.	HAUTEUR du comble.	CAPACITÉ en pouces cubes lorsqu'elles sont raz.	CAPACITÉ en pouces cubes lorsqu'elles sont combles.
Bushel............	8.000000	18.78925	19.5000	0.35538	6.00....	2218.192	2815.488
Demi-bushel.........	6.34960	14.91304	15.47716	0.28206	4.76220	1109.096	1407.744
Peck.............	5.03968	11.83648	12.28422	0.22387	3.77976	554.548	703.872
Gallon, ou demi-peck.	4.00000	9.39463	9.75000	0.17769	3.000000	277.274	351.936
Demi-gallon.........	3.17480	7.45652	7.73858	0.14103	2.38110	138.637	175.968
Quart.............	2.51984	5.91824	6.14211	0.11194	1.88988	69.3185	87.984

TABLE IX.

Dimensions approximatives *des mesures nouvelles de capacité.*

MESURES.	PROFONDEUR en pouces.	DIAMÈTRE intérieur.	DIAMÈTRE extérieur.	ÉPAISSEUR de l'enveloppe.	HAUTEUR du comble.
Bushel.....	8	18 $\frac{13}{16}$	19 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	6
Demi-bushel.	6 $\frac{3}{8}$	14 $\frac{7}{8}$	15 $\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$	4 $\frac{3}{4}$
Peck.......	5 $\frac{1}{16}$	11 $\frac{13}{16}$	12 $\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	3 $\frac{3}{4}$
Gallon.....	4	9 $\frac{3}{8}$	9 $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{16}$	3
Demi-gallon.	3 $\frac{3}{16}$	7 $\frac{7}{16}$	7 $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{8}$	2 $\frac{3}{8}$
Quart......	2 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{15}{16}$	6 $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	1 $\frac{7}{8}$

TABLE X.

Rapport des mesures anglaises aux mesures françaises.

Valeur métrique du pouce anglais, de son carré et de son cube.

POUCES ANGLAIS.	PREMIÈRE PUISSANCE.	CARRÉ.	CUBE.
	Millimètres.	Millimètres carrés.	Centimètres cubes.
1	25.399535	645.14476	16.38648
2	50.799	1290.290	32.773
3	76.199	1935.434	49.159
4	101.599	2580.579	65.546
5	126.999	3225.724	81.932
6	152.398	3870.869	98.319
7	177.798	4516.013	114.705
8	203.198	5161.158	131.092
9	228.597	5806.303	147.478

TABLE XI.

Anciennes mesures.

On a de même :

Mesures anglaises.				Mesures françaises.
1 pouce..... / 1 pied......	=	0.9383	×	pouce. / pied.
1 pouce carré / 1 pied carré.	=	0.88041	×	pouce carré. / pied carré.
1 pouce cube / 1 pied cube..	=	0.8259	×	pouce cube. / pied cube.

C'est au moyen de ces rapports qu'on construit la Table suivante.

Rapport des pieds et pouces d'Angleterre avec les pieds et pouces de France.

PIEDS D'ANGLETERRE.	PIEDS DE FRANCE.			POUCES D'ANGLETERRE.	POUCES DE FRANCE.	
	Pieds.	Pouc.	Lig.		Pouc.	Lig.
1	0	11	3.117	1	0	11.259
2	1	10	6.234	2	1	10.519
3	2	9	9.351	3	2	9.778
4	3	9	0.468	4	3	9.038
5	4	8	3.585	5	4	8.297
6	5	7	6.702	6	5	7.556
7	6	6	9.819	7	6	6.816
8	7	6	0.936	8	7	6.076
9	8	5	4.053	9	8	5.334
10	9	4	7.170	10	9	4.594
11	10	3	10.287	11	10	3.853
12	11	3	1.404	12	11	3.112

Pieds carrés et pieds cubes.

PIEDS CARRÉS D'ANGLETERRE.	PIEDS CARRÉS DE FRANCE.	DÉCIMÈTRES CARRÉS.	PIEDS CUBES D'ANGLETERRE.	PIEDS CUBES DE FRANCE.	DÉCIMÈTRES CUBES.
1	0.88	9.29	1	0.806	28.306
2	1.76	18.58	2	1.651	56.612
3	2.64	27.87	3	2.477	84.918
4	3.52	37.16	4	3.301	113.224
5	4.40	46.45	5	4.127	141.530
6	5.28	55.74	6	4.954	169.836
7	6.16	65.03	7	5.778	198.142
8	7.04	74.32	8	6.602	226.448
9	7.92	83.61	9	7.428	254.764
10	8.80	92.60	10	8.255	283.066
36	31.68	334.44			

TABLE XII.

Valeur métrique du pied anglais, de son carré et de son cube.

PIED ANGLAIS.	PREMIÈRE PUISSANCE.	CARRÉ.	CUBE.
	Millimètres.	Centim. carrés.	Décim. cubes.
1...	304.796	929.006	28.31573
2...	609.592	1858.012	56.631
3...	914.388	2787.018	84.947
4...	1219.184	3716.024	113.263
5...	1523.980	4645.030	141.579
6...	1828.776	5574.036	169.894
7...	2133.572	6503.042	198.210
8...	2438.368	7432.048	226.526
9...	2743.164	8361.054	254.842

TABLE XIII.

Valeur du grain troy.

GRAIN TROY.	GRAIN poids de marc.	Même valeur en milligrammes.	POIDS CORRESPONDANS Pour les pouces cubes franç.	Pour le décimètre cube.
1...	= 1.219	= 64.75	78.380	39.514
2...	2.438	129.50	156.761	79.028
3...	3.657	194.25	235.141	118.543
4...	4.876	259.00	313.521	158.057
5...	6.095	323.75	391.904	197.571
6...	7.314	388.50	470.282	237.085
7...	8.533	453.25	548.662	276.599
8...	9.753	518.00	627.043	316.114
9...	10.972	582.75	705.423	355.628

Voici l'usage des 4e et 5e colonnes de cette table. Si, dans la traduction d'un ouvrage anglais, on veut substituer à 100 pouces cubes anglais et à leurs divisions, pesant un nombre donné de grains troy, 100 pouces cubes français et leurs divisions correspondantes, ou 1 décimètre cube (= 1000 centimètres cubes) et ses divisions correspondantes; alors on aura, par la 4e ou la 5e colonne, les poids en milligrammes, qu'il faut employer au lieu des poids en grains troy, énoncés dans l'ouvrage anglais.

Par exemple, si 100 pouces cubes anglais d'un gaz pèsent un grain troy, ou 64.75 milligrammes, la première ligne de la 4e colonne de la table donne 78.380 milligrammes pour le poids de 100 pouces cubes fran-

çais, et la 5e colonne donne 39.514 milligrammes pour le poids du décimètre cube de ce même gaz.

De même, si 20 pouces cubes anglais, ou le cinquième de 100 pouces cubes anglais, d'un gaz pèsent 5 grains troy, ou 323.75 milligrammes (1re et 3e colonnes), on voit, par la table, que le poids de 20 pouces cubes français, ou du cinquième de 100 pouces cubes français de ce gaz, est, en milligrammes, 391.904, nombre qui, dans la 4e colonne, correspond à 5 grains troy; et que le poids de 200 centimètres cubes, ou du cinquième d'un décimètre cube, du même gaz, est de 197.571 milligrammes, nombre qui, dans la 5e colonne, correspond aussi à 5 grains troy.

Et réciproquement, si 5 grains troy d'un gaz donnent en volume 20 pouces cubes anglais, les 4e et 5e colonnes de la table indiquent que, pour avoir en volume 20 pouces cubes français de ce gaz, il en faut en poids 391.904 milligrammes, et qu'il n'en faut que 197.571 milligrammes pour avoir un volume de 200 centimètres cubes.

TABLE XIV.

Valeur de l'once troy.

ONCE TROY.	VALEUR EN ONCES DE FRANCE.		VALEUR EN GRAMMES.
	Onces.	Grains.	
1....	= 1	9.148	= 31.080
2....	2	18.296	62.160
3....	3	27.444	93.240
4....	4	36.592	124.320
5....	5	45.740	155.400
6....	6	54.888	186.480
7....	7	64.036	217.560
8....	8	73.184	248.640
9....	9	82.332	279.720
10....	10	91.480	310.800
11....	11	100.628	341.880
12....	12	109.776	372.960

TABLE XV.

Valeur, en grammes, de la livre ou pound *troy.*

Livre troy.	Grammes.
1	= 372.960
2	745.921
3	1118.881
4	1491.841
5	1864.402
6	2237.762
7	2610.723
8	2983.683
9	3356.643

Les pharmaciens font aussi usage de la livre troy et de l'once troy, pour le débit des drogues. Leur poids (*apothecary weight*) ne diffère du *troy-weight* que

par plus de sous-divisions. Ils divisent l'once troy en 8 *drams*, ou 24 *scruples*, ou 480 grains troy. Ainsi leur *scruple* = 20 grains troy = 1.295 grammes, et leur *dram* = 3.884 grammes.

TABLE XVI.

Valeur, en grammes, de la livre avoirdupoize *ou* avoirdupois, *et de ses divisions.*

LIVRE avoir-dupoize.	VALEUR en grammes.	ONCE avoir-dupoize.	VALEUR en grammes.	DRAM avoir-dupoize.	VALEUR en grammes.
1	= 453.25	1	= 28.328	1	= 1.771
2	906.50	2	56.656	2	3.541
3	1359.75	3	84.984	3	5.312
4	1813.00	4	113.312	4	7.082
5	2266.25	5	141.640	5	8.853
6	2719.50	6	169.968	6	10.623
7	3172.75	7	198.296	7	12.394
8	3626.00	8	226.624	8	14.164
9	4079.25	9	254.952	9	15.935
10	4532.50	10	283.280	10	17.705
20	9065.00	11	311.608	11	19.476
30	13697.50	12	339.938	12	21.246
40	18130.00	13	368.264	13	23.017
50	22662.50	14	396.592	14	24.787
100	45325.00	15	424.920	15	26.558
200	90650.00	16	453.248	16	28.328

TABLE XVII.

Rapport du pint (*de vin*) *ancien et impérial au litre.*

L'ancien *pint* de bière à Londres = 35.25 pouces cubes anglais; le pint de vin = 28.875 pouces cubes anglais. C'est ce dernier pint qu'on désigne, lorsqu'il n'y a pas d'explication contraire.

MESURES ANCIENNES.		MESURES IMPÉRIALES.	
Pint.	Litre.	Pint.	Litre.
1............	= 0.473	1........	= 0.5679318
2............	0.946	2........	1.1358636
3............	1.419	3........	1.7037954
4............	1.892	4........	2.2717272
5............	2.366	5........	2.8396590
6............	2.839	6........	3.4075908
7............	3.312	7........	3.9755226
8............	3.785	8........	4.5434544
9............	4.258	9........	5.1113862

Dans les anciennes, comme dans les nouvelles mesures, 2 pints = 1 quart, 4 quarts = 1 gallon, et 8 gallons = 1 bushel. On pourrait donc, au moyen de la table ci-dessus, trouver la quantité correspondante en litres à une quantité donnée de quarts, de gallons ou de bushels, mesure ancienne ou mesure impériale.

Les rapports que nous avons donnés jusqu'ici sont d'une exactitude bien plus que suffisante pour la pratique. Nous résumerons cependant ici les principales mesures *impériales* anglaises avec leurs rapports aux nôtres, portés à un plus haut degré d'approximation. C'est à M. Francœur que nous empruntons ces rapports. Le nom de ce savant professeur est une garantie suffisante de leur exactitude.

1 yard	=	0.9143834	mèt.	1 fathom	=	1.8287663	mètr.
1 foot (pied)	=	0.3047944	mèt.	1 pouce	=	2.5399535	cent.
1 mille	=	1609.315	mèt.	1 furlong	=	210.1644	mètr.
1 yard carré	=	0.8360970	mèt. car.	1 acre	=	40.46710	ares.
1 rod	=	25.29193	mèt. car.	1 rood	=	10.116775	ares.
1 livre troy	=	373.09562	grammes.	1 once de troy	=	31.0913	gram.
1 livre av. du p.	=	453.4147	grammes.	1 once av. du p.	=	28.33842	gram.
1 gallon	=	4.543454	litres.	1 bushel	=	36.34763	litres.
1 quarter	=	290.7811	litres.	1 pint	=	0.5679318	litres.

TABLE XVIII.

Comparaison du thermomètre de Fahrenheit, avec le thermomètre de Réaumur et le thermomètre centigrade; à partir de —13° Fahrenheit = —25° centigrades = —20° Réaumur.

Th. de F.	Therm. centig.	Th. de R.	Th. de F.	Therm. centig.	Th. de R.
—13°	—25°	—20°	+22°	— 5.56°	— 4.44°
12	24.44	19.56	23	5	4
11	23.89	19.11	24	4.44	3.56
10	23.33	18.67	25	3.89	3.11
9	22.78	18.22	26	3.33	2.67
8	22.22	17.78	27	2.78	2.22
7	21.67	17.33	28	2.22	1.78
6	21.11	16.89	29	1.67	1.33
5	20.56	16.44	30	1.11	0.89
4	20	16	31	0.56	0.44
3	19.44	15.56	32	0	0
2	18.89	15.11	33	+ 0.56	+ 0.44
1	18.33	14.67	34	1.11	0.89
0	17.78	14.22	35	1.67	1.33
+ 1	17.22	13.78	36	2.22	1.78
2	16.67	13.33	37	2.78	2.22
3	16.11	12.89	38	3.33	2.67
4	15.56	12.44	39	3.89	3.11
5	15	12	40	4.44	3.56
6	14.44	11.56	41	5	4
7	13.89	11.11	42	5.56	4.44
8	13.33	10.67	43	6.11	4.89
9	12.78	10.22	44	6.67	5.33
10	12.22	9.78	45	7.22	5.78
11	11.67	9.33	46	7.78	6.22
12	11.11	8.89	47	8.33	6.67
13	10.56	8.44	48	8.89	7.11
14	10	8	49	9.44	7.56
15	9.44	7.56	50	10	8
16	8.89	7.11	51	10.56	8.44
17	8.33	6.67	52	11.11	8.89
18	7.78	6.22	53	11.67	9.33
19	7.22	5.78	54	12.22	9.78
20	6.67	5.33	55	12.78	10.22
21	6.11	4.89	56	13.33	10.67

Th. de F.	Therm. centig.	Th. de R.	Th. de F.	Therm. centig.	Th. de R.
+ 57°	+13°.89	+11°.11	+101°	+38°.33	+30°.67
58	14.44	11.56	102	38.89	31.11
59	15	12	103	39.44	31.56
60	15.56	12.44	104	40	32
61	16.11	12.89	105	40.56	32.44
62	16.67	13.33	106	41.11	32.89
63	17.22	13.78	107	41.67	33.33
64	17.78	14.22	108	42.22	33.78
65	18.33	14.67	109	42.78	34.22
66	18.89	15.11	110	43.33	34.67
67	19.44	15.56	111	43.89	35.11
68	20	16	112	44.44	35.56
69	20.56	16.44	113	45	36
70	21.11	16.89	114	45.56	36.44
71	21.67	17.33	115	46.11	36.89
72	22.22	17.78	116	46.67	37.33
73	22.78	18.22	117	47.22	37.78
74	23.33	18.67	118	47.78	38.22
75	23.89	19.11	119	48.33	38.67
76	24.44	19.56	120	48.89	39.11
77	25	20	121	49.44	39.56
78	25.56	20.44	122	50	40
79	26.11	20.89	123	50.56	40.44
80	26.67	21.33	124	51.11	40.89
81	27.22	21.78	125	51.67	41.33
82	27.78	22.22	126	52.22	41.78
83	28.33	22.67	127	52.78	42.22
84	28.89	23.11	128	53.33	42.67
85	29.44	23.56	129	53.89	43.11
86	30	24	130	54.44	43.56
87	30.56	24.44	131	55	44
88	31.11	24.89	132	55.56	44.44
89	31.67	25.33	133	56.11	44 89
90	32.22	25.78	134	56.67	45.33
91	32.78	26-22	135	57.22	45.78
92	33.33	26.67	136	57.78	46.22
93	33.89	27.11	137	58.33	46.67
94	34.44	27.56	138	58.89	47.11
95	35	28	139	59.44	47.56
96	35.56	28.44	140	60	48
97	36.11	28.89	141	60.56	48.44
98	36.67	29.33	142	61.11	48.89
99	37.22	29.78	143	61.67	49.33
100	37.78	30.22	144	62.22	49.78

Th. de F.	Therm. centig.	Th. de R.	Th. de F.	Therm. centig.	Th. de R.
+145°	+62°.78	+50°.22	+179°	+81°.67	+65°.33
146	63.33	50.67	180	82.22	65.78
147	63.89	51.11	181	82.78	66.22
148	64.44	51.56	182	83.33	66.67
149	65	52	183	83.89	67.11
150	65.56	52.44	184	84.44	67.56
151	66.11	52.89	185	85	68
152	66.67	53.33	186	85.56	68.44
153	67.22	53.78	187	86.11	68.89
154	67.78	54.22	188	86.67	69.33
155	68.33	54.67	189	87.22	69.78
156	68.89	55.11	190	87.78	70.22
157	69.44	55.56	191	88.33	70.67
158	70	56	192	88.89	71.11
159	70.56	56.44	193	89.44	71.56
160	71.11	56.89	194	90	72
161	71.67	57.33	195	90.56	72.44
162	72.22	57.78	196	91.11	72.89
163	72.78	58.22	197	91.67	73.33
164	73.33	58.67	198	92.22	73.78
165	73.89	59.11	199	92.78	74.22
166	74.44	59.56	200	93.33	74.67
167	75	60	201	93.89	75.11
168	75.56	60.44	202	94.44	75.56
169	76.11	60.89	203	95	76
170	76.67	61.33	204	95.56	76.44
171	77.22	61.78	205	96.11	76.89
172	77.78	62.22	206	96.67	77.33
173	78.33	62.67	207	97.22	77.78
174	78.89	63.11	208	97.78	78.22
175	79.44	63.56	209	98.33	78.67
176	80	64	210	98.89	79.11
177	80.56	64.44	211	99.44	79.56
178	81.11	64.89	212	100	80

TRAITÉ PRATIQUE

DE CHIMIE.

TRAITÉ PRATIQUE

DE CHIMIE.

Les chimistes théoriciens ont tellement réduit la quantité de matière sur laquelle ils opèrent, que le plus souvent la table de leur bibliothèque leur tient lieu de laboratoire; les praticiens, au contraire, lors même qu'ils n'ont pour but que de faire une expérience, doivent opérer autant que possible en grand. Il est donc nécessaire qu'ils consacrent une partie de leur habitation à l'essai de leurs procédés : c'est cette partie qu'on appelle laboratoire ou atelier.

Les plus grands ateliers, ceux qui ne sont nécessaires qu'à quelques travaux d'un genre particulier, ne trouveront leur description qu'à l'article des substances qu'on y met en œuvre. Mais nous ne saurions trop recommander au praticien d'établir chez lui un petit laboratoire fourni d'appareils assez grands et en nombre suffisant pour tenter immédiatement, et aussitôt qu'il est conçu, l'essai d'un procédé ou d'un perfectionnement. Une infinité d'excellentes conceptions ont été perdues, faute d'avoir pu être immédiatement soumises à l'expérience.

Il est bon que ce petit laboratoire soit muni des appareils le plus généralement employés en chimie; mais le plus souvent il suffit qu'il contienne les principales pièces de la manufacture, raisonnablement ré-

duites toutefois, et les instruments le plus en rapport avec le genre d'industrie dont on s'occupe : c'est-à-dire que le pharmacien, par exemple, peut se dispenser des différentes espèces de fourneaux du métallurgiste, et que celui-ci peut, sans inconvénient, laisser de côté les appareils à distiller et les vases du pharmacien.

On trouve, dans quelques livres de chimie, des conseils sur la construction et l'ameublement d'un laboratoire, toujours fondés sur l'idée que le chimiste peut disposer de fonds suffisants, et que la place ne lui manque point. Nous ne nous arrêterons point à ces détails minutieux, qui ont fait dire assez plaisamment au Dr Berkenhout, que sans doute il n'était point nécessaire de dire au chimiste qu'il lui fallait un clou pour accrocher son chapeau et une serviette pour essuyer ses mains.

Comme l'objet du praticien est de mettre à profit les changements qui se manifestent dans les corps par l'action de la chaleur ou du froid, et les compositions ou les décompositions qui résultent de leurs actions mutuelles, nous commencerons par traiter de la chaleur, c'est-à-dire des moyens de l'appliquer, sans agiter la question de savoir si elle est causée par un mouvement excité dans les molécules des corps, ou si elle n'est que la sensation produite par un fluide appelé calorique. Nous devrons donc traiter *des fourneaux*, qui servent à exposer les corps à l'action de cet agent, et entrer dans quelques détails sur leur construction, qui varie selon la nature du combustible qu'on peut employer.

On devra préférer le charbon de bois à tous les autres, toutes les fois qu'il n'augmentera pas de beaucoup la dépense. C'est le plus commode de tous les combustibles, et j'engagerais même à réduire plutôt un peu la quantité de matière sur laquelle on opère,

que de renoncer à son usage. Mais il est des pays où la houille et le *coke*, ou charbon de houille, seront toujours préférés, à cause de leur bas prix.

Le Dr Thomas Thompson, de Glasgow, a fait une analyse très-exacte des différents charbons employés dans les manufactures de cette ville. Ces analyses sont très-utiles sans doute pour assigner à ces substances leur place dans la classification à la mode du jour; elles permettent d'ailleurs à l'opérateur de déployer son habileté comme analyste; mais elles sont malheureusement de peu d'usage pour nous autres hommes de pratique. Ce qu'il nous faut connaître, c'est la *puissance* des différentes espèces de combustibles, afin de parvenir à leur valeur relative en les combinant avec leurs prix respectifs.

VALEUR RELATIVE DU COMBUSTIBLE.

Quelque espèce de combustible que l'on juge convenable d'employer, il est très-important qu'il soit le plus sec possible. S'il n'en est pas ainsi, une grande partie de la chaleur qu'il produit ne sert à rien autre chose qu'à convertir en vapeur l'eau qu'il contient, vapeur qui s'échappe ensuite par la cheminée sans aucun profit. Il est d'autant plus nécessaire d'appeler sur ce point l'attention du lecteur, qu'il arrive trop souvent que l'on place sans nécessité le combustible dans des lieux humides, ou qu'on l'expose aux injures du temps.

DE LA HOUILLE.

Il existe une très-grande différence entre les diverses espèces de houilles, à laquelle les principaux consommateurs de ce combustible n'ont peut-être point fait

assez d'attention. Le sujet lui-même n'a pas été jusqu'ici étudié avec beaucoup de soin, à l'exception toutefois de ce qui tient à la production du gaz; mais les faits établis par les recherches qui ont eu lieu pour ce cas particulier, n'offrent pas une bien grande utilité pour les autres usages de ce combustible.

Le *caking-coal*, c'est-à-dire la houille qui s'agglutine, que nous appellerons houille liante, se tire en grande abondance des mines immenses du Northumberland et de Durham. C'est celle qu'on vend à Londres sous le nom de charbon de Newcastle. Quand on échauffe cette houille, elle se brise en petits morceaux; et si l'on élève la température à un certain degré, les morceaux s'agglutinent, et forment bientôt une masse solide, un gâteau, d'où lui est venu le nom de *caking-coal.*

Elle s'allume facilement, et jette en brûlant une flamme d'un jaune vif. Elle exige d'être souvent remuée et brisée, surtout lorsqu'elle s'agglutine avec force : mais ses diverses variétés diffèrent beaucoup quant à cette propriété. Parmi celles qu'on tire de Newcastle, celle dite de Wall's-End, première qualité, donne un feu brillant et agréable, brûle vite, et s'agglutine moins fortement. On la préfère avec raison pour le chauffage des appartements. Celle de Tanfield Moor, au contraire, brûle lentement, acquiert beaucoup de cohésion; et comme d'ailleurs elle donne une chaleur forte et continue, on la préfère pour les forges et les fourneaux. Les autres variétés tiennent le milieu entre celles-ci.

Le *caking-coal* developpe beaucoup de chaleur, et, si on le soigne, il brûle long-temps. On le préfère donc avec raison, lorsqu'on peut se le procurer à un prix raisonnable.

Il résulte des expériences de Watt, qu'un boisseau

de houille de Newcastle, dont le poids moyen est d'environ 84 livres (avoir du poids), peut réduire en vapeur de 8 à 12 pieds cubes d'eau prise à la température moyenne de l'atmosphère, et qu'un boisseau de houille de Swansea produit un effet égal.

Le D[r] Black établit que 7.91 livres de la meilleure houille de Newcastle peuvent convertir un pied cube d'eau en vapeur capable de supporter la pression moyenne de l'atmosphère.

D'après les essais de MM. Parkes, il paraît qu'au moyen de leurs chaudières perfectionnées ils ont obtenu, avec 7.45 livres de houille, la conversion en vapeur d'un pied cube d'eau prise à la température moyenne, dans le cas où ils ont pu produire le plus grand effet : mais généralement ils n'ont obtenu de résultat qu'avec 8.15 livres; ce qui fait seulement un quart de livre de moins que le poids moyen des expériences de Watt. Smeaton, en prenant un terme moyen entre plusieurs expériences, a trouvé que, pour produire le même effet, il fallait 11.4 livres de houille. Malheureusement il n'indique point les espèces dont il a fait usage.

M. Tredgold a trouvé que, lorsque la construction en briques dans laquelle est placée la chaudière d'une machine à vapeur est déja échauffée, un peu moins d'une livre de Wall's-End porte à l'ébullition un pied cube d'eau prise à la température de 52 degrés de Fahrenheit; mais que, pour produire le même effet avec du charbon d'une qualité inférieure, il fallait plus de combustible, plus de temps et plus de soin.

HOUILLE DURE (SPLINT-COAL, HARD-COAL).

La houille dure n'est pas moins estimée, pour un grand nombre d'usages, que la houille liante. On la

tire des environs de Glasgow, du comté d'Ayr, et de différentes mines d'Angleterre et du pays de Galles.

Elle exige plus de chaleur que le *caking-coal* pour s'enflammer, et convient moins, par conséquent, pour de petits feux; mais une grande quantité de cette houille donne un feu ardent et soutenu. Elle produit moins de flamme et moins de fumée que cette dernière, et ne s'agglutine point comme elle.

Smeaton pensait que le *splint-coal* d'Écosse ne le cédait en rien à la houille de Newcastle pour le service des machines à vapeur.

HOUILLE DOUCE (CHERRY-COAL).

Suivant Thompson, cette houille forme la plus grande partie des couches supérieures des mines de Glasgow. On la trouve aussi en abondance dans le comté de Fyfe. Le même auteur regarde la houille du comté de Stafford comme étant de même espèce, et celle d'Édimbourg comme intermédiaire entre la houille douce et la houille dure, ou *splint-coal*.

Cette houille s'allume promptement, brûle en donnant une flamme jaune et claire qui se soutient jusqu'à ce que presque tout le charbon soit consumé; elle dégage beaucoup de chaleur, sa cendre est blanche et sa combustion beaucoup plus rapide que celle de la houille dure ou de la houille liante; mais, en général, son usage présente moins d'économie que le leur. On la distingue aisément du *caking-coal*, en ce qu'elle n'a point, comme celui-ci, la propriété de s'agglutiner et de s'amollir quand on la brûle. Elle fait aussi un feu plus agréable, en ce qu'elle n'a pas besoin d'être remuée. Elle exige beaucoup d'attention pour la faire brûler dans un foyer découvert, même pour consumer les petits morceaux, qu'on obtient en cassant les grosses

pièces qui ne pourraient se placer sur la grille du foyer. Voilà pourquoi on mêle souvent ces petits fragments avec de la glaise, pour en faire des balles ou briquettes, qui, lorsqu'elles sont bien sèches et qu'on les emploie avec d'autres combustibles, produisent sur un foyer découvert une chaleur très-durable.

M. Watt a remarqué que cent livres de bonne houille de Wednesbury produisaient un effet égal à un boisseau de houille de Newcastle.

Historique.

On rapporte que l'usage de la houille était déja si répandu en 1306 à Londres, que le parlement porta plainte au roi de ce que l'air était infecté par les exhalaisons qu'elle répandait. Par suite de ces plaintes, il parut deux proclamations par lesquelles *on en défendit l'usage*. Mais bientôt la nécessité et l'expérience l'emportèrent sur l'ignorance et le préjugé, et on revint à l'usage de ce combustible précieux.

On connaît, en France, quarante départements qui renferment des gites appartenants à la houille, savoir: l'Allier, les Hautes et Basses-Alpes, l'Aude, l'Ardèche, l'Aveyron, le Bas-Rhin, les Bouches-du-Rhône, le Calvados, le Cantal, la Corrèze, la Creuse, les Deux-Sèvres, la Dordogne, le Finistère, le Gard, le Haut-Rhin, la Haute-Loire, la Haute-Marne, la Haute-Saône, l'Hérault, l'Isère, la Loire, la Loire-Inférieure, le Lot, le Maine-et-Loire, la Manche, la Moselle, la Nièvre, le Nord, le Pas-de-Calais, le Puy-de-Dôme, les Pyrénées-Orientales, le Rhône, le Tarn, le Var, le Vaucluse.

L'on n'en extrait annuellement que 10 millions de quintaux métriques, tandis que la consommation an-

nuelle de l'Angleterre s'élève à 75 millions de quintaux métriques.

Il est difficile d'établir une correspondance entre les variétés susnommées, et celles qui existent en France. Cependant nous pensons que le *caking coal* peut être remplacé par les houilles grasses. Elles se rencontrent dans les terrains schisteux qui alternent avec des grés. Les mines de Rive-de-Giez, de Saint-Étienne et de Givors, en Forez; celle de Fenil, en Bourbonnais; celles de Valenciennes, de Mons, du Creusot, celles de Litry, en Normandie, présentent cette variété.

La houille, connue, en France, sous le nom de houille sèche, houille maigre, houille non collante, qui se rencontre presque toujours dans les pays calcaires, et qu'on exploite surtout en Provence, aux environs de Marseille, de Toulon et d'Aix, n'offre point les mêmes caractères que le *splint coal*. Elle diffère aussi du *cherry coal*.

Voici, au surplus, l'analyse des trois espèces de houille dont il est question dans l'ouvrage. C'est au manufacturier à choisir les houilles de France dont la composition se rapprochera le plus de la leur.

TABLEAU DES PARTIES CONSTITUANTES DE LA HOUILLE.

ESPÈCES.	CARBONE.	HYDROGÈNE	AZOTE.	OXIGÈNE.	D'APRÈS	PESANTEUR SPÉCIFIQUE.
Caking-coal.	75.28	4.18	15.96	4.58	Thomson,	1.269
Splint-coal. .	75.10	6.25	6.25	12.50	Thomson,	1.290
Splint-coal. .	70.90	4.30	0	24.80	Ure,	
Cherry-coal.	74.45	12.40	10.22	2.93	Thomson,	1.265

Le Dr Thompson fait, à l'occasion de ces essais, la remarque suivante:

Ces expériences, quelqu'imparfaites qu'elles soient, peuvent être d'une utilité très-réelle pour guider les manufacturiers dans le choix de la houille, d'après l'objet particulier qu'ils se proposent. Elles prouvent que la bonté d'une espèce de houille ne dépend pas autant de la quantité de carbone qu'elle contient, que de la proportion qui y existe entre le carbone et l'hydrogène.

Si l'on a pour objet la conversion de la houille en coke, ou si l'on a besoin de se procurer un feu ardent de longue durée, il faut choisir les espèces qui contiennent la plus grande proportion de carbone, et la plus petite d'hydrogène.

Si, au contraire, on veut se procurer du gaz, il faut choisir les espèces qui contiennent la plus grande proportion d'hydrogène comparée à celle du carbone.

L'azote étant incombustible, l'effet du combustible sera d'autant plus grand qu'il entrera moins d'azote dans sa composition.

Quand un combustible contient de l'oxigène, cet oxigène entraîne autant de chaleur qu'il en faut pour donner une forme gazeuse aux combinaisons dans lesquelles il entre, à moins qu'il n'arrive que cette combinaison forme un gaz qui se condense; car, dans ce dernier cas, son effet serait neutralisé. Il paraît donc qu'il n'est pas avantageux qu'un combustible contienne de l'oxigène.

Ces remarques donneront au lecteur une idée assez exacte de l'avantage qu'offrent les diverses espèces de houille par lesquelles il pourra remplacer celles que nous avons indiquées.

DU BOIS.

Le bois est souvent employé comme combustible. Son effet utile dépend en grande partie de sa sécheresse. Le comte de Rumford a démontré, par plusieurs expériences, que l'effet du bois sec est de beaucoup supérieur à celui du bois vert, qui contient ordinairement un tiers environ de son poids d'eau. L'espèce de bois est aussi une cause de différence, et le même auteur a remarqué que le tilleul était de tous les bois celui qui dégageait le plus de chaleur.

Au moyen de ses chaudières perfectionnées, le même Rumford a porté à l'ébullition 20.10 livres d'eau prise à la température de la glace fondante, avec une livre de bois de pin bien sec. La même quantité de pin vert produisait un effet d'un septième moins considérable. Le hêtre donne beaucoup moins de chaleur que le pin: une livre de hêtre n'a pu porter à l'ébullition que 14.33 livres d'eau prise au point de congélation. Le pied cube de hêtre pèse environ 44 livres.

D'après Fossombroni, le bois produit assez de chaleur par sa combustion pour vaporiser le double de son poids d'eau, ou pour préparer les deux tiers de son poids de sel. Rumford a obtenu, dans ses expériences, environ un tiers d'effet de plus; ce qui doit sans doute être attribué à son habileté comme expérimentateur.

DE LA TOURBE.

Considérée comme combustible, la tourbe peut se diviser en deux classes. La première est compacte et pesante, d'une couleur noire tirant sur le brun, et n'offrant presque plus de vestiges de son origine végétale : c'est la meilleure espèce. Une fois allumée, elle conserve le feu très-long-temps.

La seconde est légère et spongieuse, de couleur brune, et ressemble à une masse de plantes mortes et de racines qui n'ont éprouvé que peu d'altération. Elle s'enflamme vite et se consume promptement.

La tourbe répand, en brûlant, une odeur désagréable pour ceux qui n'y sont point accoutumés. Elle donne toutefois une chaleur douce et agréable; mais elle n'est point propre au service des chaudières à vapeur; elle convient beaucoup mieux aux conduits de chaleur.

Ses qualités varient. Quelques espèces brûlent vivement, et donnent une flamme brillante; tandis que d'autres ne brûlent que lentement, et, suivant Clément et Desormes, ne dégagent que la cinquième partie de la chaleur qu'on obtiendrait d'un poids égal de charbon de bois. Ce rapport est, à peu de chose près, celui donné par Blavier et Miché.

Le poids de la tourbe varie de 44 livres à 70 livres le pied cube. Les variétés compactes donnent environ 40 pour cent de charbon; les autres variétés en donnent à peu près en raison de leur densité.

Les principales tourbières de la France se trouvent dans la vallée de la Somme, entre Amiens et Abbeville, dans les environs de Beauvais à Terredonne, Bresle, Savigny, Villers-Saint-Paul; sur la rivière d'Essonne, entre Corbeil et Villeroi; dans les environs de Dieuze, département de la Meurthe.

DU CHARBON DE BOIS.

M. Dalton, en échauffant de l'eau, a obtenu un résultat équivalent à 40 livres de glace, fondues par une seule livre de charbon. Les expériences de Crawford donnent 69 livres fondues par la même quantité de charbon; celles de Lavoisier, 95.5 livres; celles de

Clément et Desormes, 95 livres. Hassenfratz, qui a fait aussi un grand nombre d'expériences, a trouvé pour résultat moyen 92 livres. Son plus fort résultat a été 96 livres, et le plus faible, 74. M. Tredgold pense que la fusion de 47 livres peut être regardée comme la mesure moyenne de l'effet produit par une livre de charbon.

DE LA HOUILLE CARBONISÉE, OU COKE.

Suivant Lavoisier, la quantité de houille est à la quantité de houille carbonisée, ou coke, pour produire le même effet, comme 605 est à 552. Le coke a de plus cet avantage, qu'il ne donne point de fumée, et qu'on peut l'employer pour les fourneaux situés dans les villes, sans crainte de causer aucun désagrément dans le voisinage de la manufacture.

L'emploi du gaz pour l'éclairage des villes et même des habitations a jeté sur le marché une quantité considérable de coke, obtenu, comme on le sait sans doute, par la distillation. On a toujours raison d'employer cette espèce pour le chauffage; mais sa puissance calorifique est bien inférieure à celle du coke ou de la houille carbonisée qu'on obtient par étouffement. Aussi les forgerons et tous ceux qui travaillent le fer se servent-ils toujours de la dernière espèce; le chimiste fera bien d'imiter leur exemple quand un bon coup de feu sera nécessaire.

On a fait un essai comparatif du chauffage par le bois et par le coke au foyer de l'Opéra de Paris; on a trouvé que :

1 *fr.* 80 *cent. de coke ont donné une chaleur presque double de celle qui a été produite au moyen de* 3 *fr.* 50 *cent. de bois.*

Il faut donc conclure que, tant sous le rapport de

l'économie que sous celui de la production de chaleur, le coke est fort préférable au bois; mais si, dans une grande cheminée, où l'on a besoin d'un feu violent destiné à échauffer une vaste pièce, il peut facilement être employé seul, il n'en est pas tout-à-fait ainsi dans une cheminée de petite dimension. Dans ce dernier cas, le concours d'un peu de bois semble nécessaire; mais, malgré ce concours, il y a lieu encore à une très-grande diminution de dépense. Son usage, d'ailleurs, n'entraîne presque aucun changement dans les cheminées; tout au plus demande-t-il que l'on se serve d'une légère grille en fer. Il n'a ni fumée ni odeur.

DE LA TOURBE CARBONISÉE.

Il faut, selon Blavier et Miché, 1666 parties de tourbe carbonisée pour produire le même effet que 740 parties de charbon de bois.

La tourbe carbonisée par étouffement est très-supérieure à celle qu'on obtient par la distillation. Malheureusement cette première espèce est une sorte de pyrophore qui prend feu lorsqu'elle s'humecte, ou même quand l'atmosphère est chargée d'humidité. Il y a un grand nombre d'exemples d'accidents causés par les infiltrations de la pluie dans les lieux où l'on dépose cette tourbe, et les lois de quelques pays en prohibent l'usage dans les villes.

Les Hollandais, qui emploient ce combustible, non-seulement dans leurs maisons, mais qu'on voit souvent aller à l'église avec des chaufferettes remplies de cette substance, ont le soin de la carboniser chez eux, et seulement à mesure de leurs besoins. On la brûle d'abord à la cuisine; puis, quand elle est bien enflammée et rouge jusqu'au centre de la masse, on la transporte dans un vaisseau de terre ou de cuivre, qu'on bouche

hermétiquement au moyen d'un torchon humide de laine ou de toile. L'air ne pouvant plus pénétrer dans le vase, la tourbe s'éteint, se refroidit ; on la retrouve couverte de cendres blanches, et assez semblable à du charbon de bois. C'est dans ce nouvel état qu'on l'emploie ; si elle a été bien carbonisée, elle brûle presque sans fumée, et le gaz qui s'en échappe est infiniment moins délétère que celui que produit la combustion du charbon de bois. On la préfère pour le chauffage des serres ; les plantes qu'on y entretient et les personnes qui les soignent s'en trouvent beaucoup mieux.

On brûle cette tourbe ordinairement dans des pots de fer fondu qui ne sont ouverts que par le haut. Cette méthode permet de suspendre les vases qu'on veut échauffer ; et comme il n'y a presque point de déperdition par les côtés du vase en fer, on épargne près de la moitié du combustible qu'on emploierait sur une grille ou foyer ouvert.

Dans les environs des grandes villes, il y a une quantité innombrable de petits jardins qui ont presque tous des serres chaudes bâties en bois ; on voit plus de mille serres chaudes de ce genre auprès de Rotterdam, qui sont remplies d'orangers. Cette tourbe carbonisée, ainsi allumée dans les vases de fer dont nous avons parlé, suffit pour les préserver de la gelée, qui, dans ce pays, dure quelquefois trois mois.

Nous présenterons, d'après Tredgold, un tableau comparatif des différentes données que nous avons pu acquérir jusqu'ici sur la puissance du combustible.

COMBUSTIBLES.	Fractions de livre qui éleveront d'un degré de Fahrenheit un pied cube anglais d'eau.	Quantité de combustible exprimée en livres anglaises, qui pourront convertir en vapeur un pied cube anglais d'eau prise à la température moyenne.
Houille de Newcastle, dite houille liante (caking-coal)	0.0075	8.40
Houille dure (splint-coal)	0.0075	8.40
Houille de Strafford, houille douce (cherry-coal)	0.0100	11.20
Pin sec	0.0172	19.25
Hêtre sec	0.0242	27. »
Chêne sec	0.0265	30. »
Tourbe (bonne qualité)	0.0475	53.60
Charbon de bois	0.0095	10.60
Houille carbonisée (coke)	0.0069	7.70
Tourbe carbonisée	0.0205	23. »

On a, comme on le voit, réuni dans cette table le résultat des expériences précédentes, afin d'offrir le moyen le plus prompt de les consulter dans la pratique, et de les comparer lorsqu'il s'agira de s'assurer de la dépense relative de différentes sortes de combustibles. Mais il faut ajouter que le plus grand effet qu'on puisse espérer, en employant un combustible, sera toujours beaucoup moindre que celui qu'on pourrait déduire de ces expériences, pour lesquelles on a pris toutes les précautions que la science exige; ce qui est impraticable en grand, et tout-à-fait incompatible avec les appareils simples qu'on emploie et le peu d'attention qu'on est dans le cas de donner à cet objet. Il n'est point rare cependant de trouver des personnes qui an-

noncent des effets quatre, six, et même dix fois plus considérables.

MÉLANGES CALORIFIQUES.

Il est surprenant qu'il n'ait pas été fait plus d'essais pour améliorer le chauffage des appartements, tant sous le rapport de l'élégance que sous celui de l'économie. Le comte de Rumford avait coutume de dire qu'il n'avait rien vu d'aussi dégoûtant qu'un foyer ordinaire pour brûler la houille, tels que ceux qu'on voit dans presque toutes les maisons en Angleterre.

Des *balles à feu* ou briquettes, chacune de la grosseur d'un œuf, formées de houille et de charbon de bois pulvérisés, et mêlées ensuite à une certaine quantité de terre glaise humide, puis bien séchées, seraient un combustible plus propre et plus agréable que la houille non préparée. Il est même probable que la dépense de ce combustible ne surpasserait point celle du dernier. On suit cette méthode en Flandre et dans quelques parties de l'Allemagne, particulièrement dans les duchés de Juliers et de Berg, où l'on emploie la houille. On la pile pour l'ordinaire, et on y ajoute un poids égal de terre glaise et une quantité d'eau suffisante pour en faire une espèce de pâte, qu'on forme ensuite en gâteaux qui, lorsqu'ils sont bien séchés, sont préservés avec soin de toute humidité.

On a remarqué que la dépense qu'entraîne cette préparation est largement compensée par l'économie qu'elle procure dans le combustible; car, ainsi préparé, le charbon, uni à la glaise, brûle non-seulement plus long-temps, mais développe plus de chaleur que dans son état naturel. Sans doute il pourra paraître extraordinaire que la quantité de chaleur résultant de la combustion d'une certaine quantité de charbon soit

augmentée par l'addition de la terre glaise, qui est un corps incombustible. Qu'on explique ce fait, s'il est possible : il n'en est pas moins certain.

De la paille hachée très-fin, ou même de la sciure de bois, entreraient sans doute avec avantage dans la composition de ces briquettes. C'est à ceux qui en ont le loisir à tourner leurs idées vers cet objet, qui promet et réclame de grandes améliorations.

On pourrait encore employer, pour allumer le feu, des balles flambantes (*kindling balls*), formées de parties égales de houille, de charbon de bois et de glaise. On réduirait les deux premiers ingrédiens en poudre très-fine, qu'on mélangerait bien ensuite avec de la terre glaise humide. On formerait avec ce mélange des balles de la grosseur d'un œuf, qui, une fois bien sèches, remplaceraient avec avantage le bois dont on se sert pour allumer la houille. Il serait même facile de les rendre assez inflammables pour qu'une seule étincelle en déterminât la combustion totale ; il suffirait de les bien tremper dans une solution de nitre (nitrate de potasse) et de les laisser sécher. Elles conserveraient très-long-temps leur propriété de s'enflammer immédiatement, et coûteraient fort peu de plus.

Peut-être que du charbon de bois pilé, mis en balles trempées, comme les dernières, dans une solution de nitrate de potasse, serait encore plus facilement enflammé.

Les briquettes, dites *économiques*, que l'on fabrique à Paris, ne contiennent point ordinairement de charbon de bois. Le procédé qu'on suit consiste à délayer dans l'eau de la terre glaise (argile alumineuse) en quantité suffisante pour former une bouillie claire. On verse cette bouillie terreuse au milieu d'un tas de houille en poudre et en menus morceaux ; puis l'on mêle bien à

la pelle ces deux matières, et de manière que le mélange soit très-épais. Dans cet état, on en fait des boulettes avec les mains, ou au moyen d'un moule. Il entre environ parties égales de charbon et de glaise, comme dans les briquettes d'Allemagne.

DES FOURNEAUX.

De tous les appareils employés dans les opérations chimiques, les fourneaux sont peut-être ce qu'il y a de plus important; on ne saurait donc mettre trop de soin à les construire. Une mauvaise construction, outre qu'elle empêche le plus souvent l'opérateur d'arriver à son but, augmente de beaucoup la dépense du combustible, entraîne des réparations coûteuses et longues, et rend bientôt l'appareil inutile.

C'est toujours à des hommes habiles et soigneux, et qui ont la pratique de ce genre de construction, qu'il faut avoir recours; encore même devra-t-on les surveiller pendant leur travail, et voir d'abord s'ils ne s'éloignent point du plan qu'on leur aura tracé, et ensuite s'ils ne mettent point de négligence dans les détails. Si, par exemple, toutes les parties du fourneau qui doivent être exposées à une forte chaleur, au lieu d'être extrêmement dures et compactes, ne sont qu'un assemblage imparfait de briques et de mortier, comme les maisons ordinaires en Angleterre, le mortier ne tardera point à se calciner, à prendre du retrait, et bientôt les vides et les crevasses exigeront des réparations qui feront perdre beaucoup de temps, et qui ne seront point toujours possibles.

Les *matériaux* méritent d'être l'objet d'une attention particulière; ils doivent être bien choisis, et toujours de la meilleure qualité. Des briques ordinaires

et du mortier de chaux et de cendres bien battues et mêlées, serviront pour les parties du fourneau qui ne sont point exposées à une chaleur rouge. Pour celles qui auront à résister à ce degré de chaleur ou à un degré supérieur, on emploiera de la terre grasse de Windsor ou de l'argile de Stourbridge (1).

Si le feu devait être extrêmement violent, on emploierait la composition dite *lut à feu, lut infusible* (fire lute), dont nous parlerons plus loin; et, comme les briques dites de Windsor le permettent, elles devront être frottées et usées, de manière à former un corps presque compacte et pour ainsi dire sans interstices.

Il faut encore prendre le plus grand soin pour faire sécher le fourneau. D'excellentes constructions de ce genre ont été tout-à-fait gâtées par un mauvais mode de séchage. On se presse trop, en général, d'en faire usage. Je conseillerais de laisser toujours sécher l'intérieur du fourneau pendant quelques jours avant de terminer sa partie supérieure; puis, lorsque cette partie enfin aura acquis quelque consistance, on échauffera le tout, d'abord au moyen d'un petit feu de charbon de bois placé, soit dans le corps du fourneau, soit à sa partie inférieure dans le cendrier. Après avoir continué

---

(1) La terre grasse de Windsor (Windsor loam) est un mélange naturel d'argile et de sable qu'on trouve à Hampstead, en Angleterre, et dans quelques autres lieux. Ce mélange est un excellent lut; mais il ne résiste point au même degré de chaleur que l'argile de Stourbridge. On peut la remplacer par des morceaux cassés de briques et de tuiles réfractaires bien cuites; celles dites de Bourgogne sont très-bonnes pour cet usage, ainsi que les tessons des vases en grès cassés. On fait encore un excellent ciment avec les débris des gazettes à porcelaine. (Voyez d'ailleurs *luts* et *ciments*.)

cette opération pendant quelque temps, et dès que le mortier aura durci à l'intérieur, on remplacera alors le charbon de bois par de la houille ou du bois seul, et l'on augmentera la force du feu selon que la fumée du fourneau l'indiquera. Mais, en principe général, on ne saurait procéder avec trop de lenteur à ces opérations.

Malgré l'importance des fourneaux dans la pratique de la chimie, leur construction est en général singulièrement mauvaise.

Nous signalerons ici quelques erreurs principales et les moyens généraux d'y remédier, renvoyant, pour les détails, à chaque article particulier.

La faute la plus grave et la plus évidente à la fois, est de placer le foyer sur le devant du fourneau, au lieu de le placer au-dessous du centre de l'objet qu'on veut échauffer. Il en résulte que la plus grande action du feu s'exerce sur la construction en briques qui le recouvre, qu'il la calcine et la détruit, sans produire un grand effet sur la surface à échauffer. On peut quelquefois rectifier cette mauvaise disposition du foyer, quand on n'a pas, comme on le voit trop souvent, fait construire un conduit en spirale, et que d'autres arrangements ne s'y opposent point. Comme les inconvéniens qui résultent de ce mauvais arrangement s'étendent à tous les genres d'appareils, aux chaudières ainsi qu'aux autres fourneaux; comme ils entraînent une consommation exorbitante de combustible et qu'ils ruinent bientôt le fourneau, on devra faire tous ses efforts pour y remédier, surtout si cette amélioration peut avoir lieu sans grande incommodité. Nous devons cependant excepter le cas où l'on est obligé d'employer d'immenses chaudières; car, pour celles-ci, il est toujours indispensable qu'elles soient soutenues par un travail en briques.

Une autre grande erreur dans la construction des fourneaux, particulièrement de ceux qui contiennent des chaudières, c'est de faire tourner le feu autour du vase au moyen de ce conduit en spirale dont nous venons de parler, et qui est connu sous le nom de serpentin (worm flue); car la principale action du feu s'exerce sur la grande masse de briques dont il est construit; de plus, il présente au feu bien plus de surface que le vase ou la chaudière, dont il tend encore, par son contact avec elle, à diminuer la surface. Il nécessite donc une bien plus grande consommation de combustible pour maintenir l'ensemble à une température donnée, et le vase acquiert lui-même cette température beaucoup moins rapidement.

On voit donc que, outre le temps qu'on perd dans l'opération, qui ne peut commencer que lorsque la masse entière du serpentin a acquis un certain degré de chaleur, l'effet qu'on désire ne s'obtient qu'avec une quantité de combustible beaucoup plus considérable que celle qu'exigerait une chaudière suspendue au-dessus d'un feu libre.

Mais il y a encore un autre inconvénient attaché à ce genre de construction: c'est que, lorsqu'on a besoin d'une grande chaleur, le travail en briques de ces serpentins se dégrade presque toujours, tombe par morceaux, bouche le conduit, empêche le tirage; et il devient quelquefois nécessaire de démolir cette partie du fourneau, heureux quand on n'a point à le défaire tout entier.

Un espace ouvert tout à l'entour de la chaudière est de beaucoup préférable : on l'obtient facilement en élevant suffisamment le travail en briques destiné à la soutenir, en ayant soin toutefois de ne plus laisser de vide là où il n'est plus nécessaire de la soumettre à

l'action du feu. A l'avantage d'appliquer immédiatement le feu à la surface qu'on veut échauffer, cette méthode offre encore celui de placer la chaudière hors de contact avec les corps environnants, et de rendre les réparations à la fois faciles et peu coûteuses.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION DES FOURNEAUX.

L'IMPORTANCE des fourneaux est telle, dans les applications de la chimie, qu'on ne saurait étudier avec trop de soin les principes de leur construction; et c'est souvent faute de connaissances sur ce point qu'on manque le but pour lequel on a sacrifié son temps et ses recherches.

Les fourneaux se composent de différentes parties, que nous allons examiner successivement : 1° une porte ou entrée, pour laisser passer l'air; 2° une chambre, pour recevoir les cendres du combustible : c'est le *cendrier;* 3° une porte à ce cendrier, pour en extraire la cendre; 4° une grille, pour y placer le combustible; 5° une chambre à feu ou foyer, pour y brûler le combustible; 6° un *gueulard*, ou trou par lequel on renouvelle le combustible; 7° un *regard*, ou ouverture à travers laquelle on remue le feu; 8° la *gorge*, à travers laquelle la flamme et l'air échauffé parviennent dans le *laboratoire* du fourneau; 9° le *laboratoire*, qui contient les vases ou les matières soumises à l'action du feu; 10° la porte du laboratoire; 11° le passage par lequel la flamme et l'air échauffé montent dans le conduit de la cheminée; 12° enfin la cheminée, qui porte au dehors la fumée et l'air échauffé.

Ces douze parties ne se trouvent point dans tous les fourneaux; trois seulement peuvent être regardées

comme indispensables : c'est l'entrée pour l'air, la chambre à feu, et le passage pour la flamme et l'air échauffé.

L'ENTRÉE POUR L'AIR (THE TWERE).

Il arrive le plus souvent qu'on pratique une entrée pour l'air dans la paroi du cendrier; mais quelquefois aussi on la fait ouvrir dans la chambre à feu. Quand on se propose simplement, comme dans les fourneaux dits à vent, de laisser entrer l'air atmosphérique par sa seule action, cette entrée devra être placée le plus qu'il sera possible au-dessous du niveau de la grille. Dans certains cas, on fait communiquer cette ouverture avec une cave profonde ou un passage souterrain, qui fournissent alors un courant continuel d'air frais. D'autres fois, on traverse le mur du laboratoire par un tuyau de fer dont la partie située à l'extérieur présente la forme d'un cône renversé.

L'*entrée pour l'air*, dans les fourneaux à vent, doit toujours être réglée. Il faut qu'on puisse, selon le besoin, ou l'augmenter, ou la diminuer, ou même la boucher complètement. Divers moyens ont été imaginés; et le plus ancien est sans contredit le plus commode, quand l'ouverture n'est point trop large. Il consiste tout simplement à entasser des cendres contre cette ouverture, qu'on augmente ou diminue à volonté avec une spatule. Aujourd'hui l'on se sert d'une porte de fer, qu'on ouvre plus ou moins selon le besoin. Quelques chimistes, parmi lesquels nous pouvons citer le Dr Black, ont adapté à leurs fourneaux des ouvertures circulaires ayant leurs diamètres en progression double, 1, 2, 4, 8, 16, qu'ils ouvrent et ferment à volonté; d'autres emploient une ou deux pièces qui se meuvent verticalement ou horizontalement dans une

rainure; d'autres, enfin, préfèrent le registre circulaire attribué à Rumford.

En général, cette entrée est beaucoup trop grande dans les fourneaux à vent. Il en résulte que l'air, perdant de sa vitesse, s'échauffe considérablement pendant son passage, qu'il se dilate, et qu'un poids moindre en est consommé. La pratique a fait reconnaître que cette ouverture ne devait point excéder les deux tiers de la somme des espaces compris entre les barres de la grille, que l'air vient alors frapper avec quelque force.

Les fourneaux à courant d'air forcé (blast furnaces) sont ceux pour lesquels on a recours à des moyens mécaniques pour augmenter la force du courant. On emploie le plus souvent une ou plusieurs tuyères, en communication avec une machine soufflante, ou un soufflet de forge ordinaire. Dans les petits fourneaux de ce genre employés par les essayeurs et les métallurgistes, l'entrée n'a que la largeur suffisante pour admettre le bout de la tuyère, et l'on bouche toutes les autres ouvertures avec de la glaise; mais, dans les grands fourneaux, qui servent au travail du fer, on a reconnu quelque avantage à ne point fermer l'espace compris entre la tuyère du soufflet et les côtés de l'ouverture par laquelle elle passe. Il est quelques personnes qui préfèrent cette méthode, même pour les petits fourneaux.

DU CENDRIER.

Nous ne dirons que peu de chose du cendrier; nous nous bornerons à faire remarquer que, dans les petits fourneaux de forge construits en France, on l'a divisé horizontalement en deux parties, au moyen d'un plateau de terre percé de trous circulaires, et qui sert à

distribuer plus également le vent du soufflet dans l'intérieur du fourneau.

Le cendrier est souvent placé au-dessous du niveau, afin que les autres parties du fourneau ne soient point trop élevées; on le nomme alors trou à cendres (ashpit). Il est commode de lui donner une certaine pente à la partie inférieure, afin de pouvoir en retirer les cendres plus commodément. Si le fourneau est de grande dimension, on construit quelques marches qui permettent à l'opérateur d'arriver jusqu'à la porte du cendrier. La cavité dans laquelle on pratique ces marches est quelquefois recouverte par une grille, ou par une trappe percée de trous pour laisser passer l'air; et comme, dans ce dernier cas, on n'arriverait que difficilement à la porte du cendrier, c'est cette trappe qui sert de *registre*, et dont, au moyen d'une plaque de fer qui glisse sur elle, on bouche plus ou moins de trous : ce qui règle le *tirage*, ou l'arrête entièrement.

PORTE DU CENDRIER.

Dans les fourneaux à vent, la porte du cendrier est généralement aussi l'entrée pour l'air; mais on devra toujours préférer des ouvertures séparées pour ces deux objets, devrait-on même tenir l'une d'elles constamment fermée. Le motif de cet arrangement est que la position de la première ne convient nullement à la position de la seconde. On adapte avec avantage à la porte du cendrier le registre circulaire de Rumford.

LA GRILLE.

La grille est une des parties les plus importantes d'un fourneau. Dans les petits fourneaux elle est en fonte (pig iron), et fondue d'une seule pièce; mais, lorsque ces grilles sont de grande dimension, chaque

barre est fondue séparément, afin de pouvoir être placée à la distance qui convient à l'opération qu'on se propose de faire. Ces barres ont d'un pouce et demi à trois pouces de profondeur, selon la longueur qu'on leur donne; leur épaisseur est d'un pouce environ. On les place sur des supports situés au-dessus du cendrier; et, comme elles n'y sont point fixées, on les ôte ou on les change très-facilement. Dans les fourneaux où l'on ne veut produire que la chaleur de l'eau bouillante, on place ces barres à un demi-pouce de distance; pour des températures plus élevées : pour distiller, par exemple, au moyen de retortes en terre, ou de cylindres en fer, il faut environ trois quarts de pouce de distance entre les barres, et un pouce, au moins, dans les fourneaux de fusion.

Lorsque les fourneaux sont destinés à échauffer des chaudières à vapeur, des chaudières de brasseur, des appareils distillatoires pour la fabrication des esprits, les vases évaporatoires des fabriques de sel, d'alun, etc., on emploie alors des grilles d'une très-grande dimension, afin d'exposer une grande surface à l'action du combustible. Cette surface est, dans quelques fabrications, de quatre et même de six pieds en carré; on a trouvé qu'alors, en éloignant les barres d'un demi-pouce, chaque pied carré de la grille exigeait environ onze livres de houille par heure. Quoique ces grilles fassent, avec la partie postérieure du fourneau, un angle de vingt ou même de trente degrés, ce qui leur donne de cinq à sept pouces un quart de pente par pied, on a beaucoup de difficulté à répartir également la houille à leur surface, et il se forme une masse considérable de cendres dont on ne se débarrasse qu'avec peine.

Lorsque l'objet pour lequel on a construit un four-

neau exige, tantôt une grande chaleur, et tantôt une chaleur modérée, il faut toujours employer des barres mobiles pour former la grille. Le D[r] Bryan Higgins leur donnait un pouce d'écarissage. Pour un feu modéré, il les éloignait d'environ un demi-pouce entre elles, en plaçant leurs extrémités sur les supports fixés à l'intérieur du fourneau. Voulait-il augmenter le feu, il enlevait une ou deux de ces barres, et replaçait les autres à égales distances au moyen d'une tige en fer. Si quelque accident obligeait à éteindre le feu, il enlevait successivement toutes les barres, et le combustible tombait tout entier dans le cendrier de la chambre à feu (fire room), chauffe ou foyer.

En principe général, il faut toujours que la chauffe d'un fourneau soit formée de corps que la chaleur ne pénètre que difficilement, ou de *mauvais conducteurs*, comme on les appelle, afin de prévenir une consommation inutile de combustibles. Il sera donc bon de faire de doubles murs séparés environ de deux pouces et demi, et liés, dans quelques parties, par un travail en briques. Cet espace, ou restera vide, ou mieux encore sera rempli par du fraisil ou du coke. On emploiera, pour le mur intérieur, de bonnes briques qui puissent résister à l'action du feu sans se vitrifier, qu'on liera entre elles par un ciment infusible (fire lute), dont nous parlerons bientôt.

Les foyers des fourneaux portatifs qui, en Angleterre, sont ordinairement construits en fer, sont, en outre, doublés à l'extérieur par un mélange de charbon, ou de coke en poudre et de terre glaise, et, à l'intérieur, par de bonnes briques ou par un mélange semblable au premier.

Afin d'éviter les inconvénients des grilles d'une grande dimension, M. Losh de Point-Pleasant, dans

le Northumberland, recommande, pour les fourneaux dont nous avons parlé, l'emploi de deux, trois, et même six grilles, avec autant de foyers. Une longue expérience des grandes opérations chimiques, lui a démontré que ce plan présentait de grands avantages, non-seulement sous le rapport économique, mais aussi que la génération de la vapeur, les distillations, les évaporations, s'opéraient d'une manière plus égale, que le travail de l'ouvrier qui entretient le feu était considérablement diminué, et qu'à ces avantages il fallait encore ajouter la facilité des réparations dans les foyers qui, pouvant être faites successivement, n'interrompent point les opérations.

On a aussi imaginé de faire construire deux grilles et deux foyers sous les chaudières de grande dimension. Mais ces fourneaux exigeant qu'on y mette, d'un seul coup, une quantité considérable de charbon, ils donnent alors une fumée considérable qui attire les plaintes du voisinage.

Pour remédier à ces inconvénients, M. Watt imagina de placer entre le foyer principal et la cheminée une seconde grille et un second foyer dans lequel il entretenait un feu vif de cendres et de coke destiné à brûler la fumée et les gaz qui le traversaient. Mais ce plan ne réussit pas aussi complètement qu'il s'y attendait, vu les difficultés qu'il éprouva pour donner de l'air à ce petit foyer, sans nuire à l'action du foyer principal.

Tout récemment, enfin, M. Newman a fait connaître une construction à-peu-près semblable. Il a placé l'un contre l'autre deux foyers avec leurs grilles, entre lesquels il a établi une communication. Chacun de ces foyers ouvre dans la cheminée par un conduit séparé qu'on ouvre ou qu'on ferme à volonté. Sup-

posons, par exemple, que le feu soit allumé dans les deux foyers à la fois, et que l'ouverture du foyer A étant ouverte, celle de B soit fermée, la fumée provenant d'une addition de houille en B passera sur la surface du foyer A, et y sera en grande partie consumée. Si, au contraire, c'est dans le foyer A qu'il faut remettre du charbon, on ouvrira d'abord l'ouverture du foyer B dans la cheminée, et on fermera à son tour celle de A, dont la fumée passera en B et y sera consumée. Par cette méthode alternative on entretiendra facilement les deux feux, en évitant l'inconvénient d'une trop grande fumée.

DU REGARD.

Il est nécessaire de pratiquer dans les fourneaux un trou par lequel on allume le feu (stoking hole), et on extrait les cendres. Ce trou devra donc être placé à la hauteur de la grille ou environ, et si cette grille est formée de barres posées librement, qu'on ôte à volonté, selon le degré de chaleur qu'on désire, il est bon qu'elle soit placée un peu au-dessous, pour rendre cette manœuvre plus facile. Ce regard est ordinairement fermée par une porte de fer, enduite de terre glaise. Afin de s'assurer plus commodément de l'état du feu, on pratique quelquefois, au milieu de ce regard, un ouvreau, d'un pouce de diamètre environ, qu'on ferme au moyen d'une petite pièce de fer qui se lève et s'abaisse à volonté.

DU GUEULARD (FEEDING-HOLE).

Le gueulard, à travers lequel on jette le combustible dans le foyer, est ordinairement placé sur le côté du fourneau, un peu au-dessus de la hauteur à laquelle parvient le combustible; mais quelquefois aussi il

est situé au sommet lui-même du foyer. Il doit être le plus large possible; d'abord afin de pouvoir y faire passer, en une seule fois, tout le combustible dont on doit charger le fourneau, et ensuite parce qu'ainsi on se dispense de l'ouvrir aussi fréquemment, et que l'intérieur se refroidit moins facilement.

Cette ouverture se ferme, le plus souvent, au moyen d'une porte supportée par des gonds, ou glissant dans une rainure par l'effet d'un contre-poids. On se sert aussi, en Angleterre, d'un appareil nommé *hopper*, espèce d'entonnoir en fonte placé en pente dans le fourneau; on le remplit de charbon, et on en bouche le côté extérieur par de petits morceaux de houille liante (caking-coal). Lorsque le combustible qui se trouve dans le foyer est consumé, on pousse au-dedans celui qui se trouve dans l'entonnoir, en ayant le soin de tenir toujours la bouche extérieure bien fermée, au moyen de petits morceaux de houille liante. Mais ce mode d'entretien du feu ne ferme point tout accès à l'air extérieur. On a perfectionné ces appareils en les fermant bien hermétiquement d'un côté, et en leur donnant un fond mobile fermé par une plaque à coulisse, ou par une porte se mouvant sur des gonds, retenue par un contre-poids toujours en équilibre avec le poids du charbon contenu dans l'appareil.

Cet entonnoir fermé (close hopper), est bâti dans le fourneau même, précisément au-dessus du foyer, ou plutôt il est placé à cette hauteur et sur le devant du fourneau à l'intérieur, on le remplit de charbon, et on le ferme bien au moyen du couvercle. Lorsqu'il devient nécessaire de suppléer au combustible consumé, on ouvre le fond, et le charbon tombe sur le feu sans avoir permis à l'air extérieur de refroidir le fourneau.

Lorsqu'on se servira de cet appareil, on se trouvera bien, avant de jeter de nouveau charbon sur le feu, de repousser, vers le fond du foyer, le combustible déja embrasé qui s'y trouve, au moyen d'une plaque de fer de la largeur du foyer, ayant un manche de même métal passant dans un trou pratiqué au bas du regard que nous avons décrit. Cette espèce de pelle reste constamment dans le fourneau, et on la tire à soi contre la porte du regard avant d'ajouter de nouveau charbon.

Nos ancêtres se servaient, pour leurs opérations chimiques, d'un appareil à-peu-près semblable. C'était un cylindre de fer, placé en pente, sur le côté du foyer, et qu'ils appelaient *piger Henricus*. Mais comme le charbon de bois était leur principal combustible, ils étaient obligés, pour en prévenir la combustion, de boucher la base supérieure du cylindre par une tuile. Ce *piger Henricus* ne contint d'abord que ce qu'il fallait de combustible pour deux ou trois heures; mais les opérations qu'ils dirigeaient exigeant une chaleur continue pendant un temps, souvent très-long, on augmenta son volume de manière à pouvoir le charger de combustible pour douze et même vingt-quatre heures; puis, au lieu de le disposer obliquement dans le foyer, il y fut placé verticalement, ce qui lui fit donner le nom de tour (tower), et les fourneaux où il était employé furent nommés fourneaux à tour (tower furnaces); on les appelait aussi *athanors*, d'un mot grec qui signifie *qui ne meurt jamais*, ou *al tannour*, qui, en arabe, veut dire four ou poêle.

Quelques chimistes, comme Ercker et Cramer, ont eu une sorte de prédilection pour ce genre de fourneau; et Gellert, dans sa Chimie métallurgique, nous

a laissé la description d'un grand nombre d'entre eux. Comme on ne peut y employer la houille ordinaire, l'usage de ces fourneaux est aujourd'hui complètement abandonné en Angleterre.

On a aussi confondu, dans ce pays, le gueulard (feeding hole), avec le regard (stoking hole), dont nous avons parlé, c'est-à-dire qu'une seule de ces ouvertures a paru suffisante pour l'usage des deux. C'est à tort, si l'on en croit Dossie : car, comme il le fait remarquer, si l'on jette le combustible par le regard, il faut, de toute rigueur, avoir une plus grande surface pour le foyer, si l'on veut qu'il contienne la même quantité de combustible; en effet, que l'on conserve une petite grille, avec ce nouvel arrangement, on est obligé d'entasser les charbons à une grande hauteur, et toutes les fois qu'on ouvre cette porte ils tombent au dehors du fourneau.

Quant à donner une plus grande surface au foyer, voici les désavantages qui en résultent. Si l'espace occupé par les barres est considérable, et si toute leur surface est couverte de charbon, la chaleur sera souvent beaucoup trop forte.

Si la surface de la grille n'est point couverte en entier, il s'établit un faux courant, à travers la partie découverte, qui affaiblit beaucoup le degré et l'effet du feu, proportionnellement à la quantité de combustible. Car le courant d'air, à travers la partie découverte qui sera toujours le plus fort, affaiblit le courant à travers la partie couverte, et refroidit continuellement le foyer et ce qu'il contient, de manière que, non-seulement il y a perte de combustible, mais aussi grande incommodité à régler le feu. Le même Dossie fait encore remarquer qu'on peut remédier à ces défauts en donnant au gueulard une légère inclinaison vers le foyer, sa bou-

che étant placée quelques pouces au-dessus de la surface la plus élevée du combustible.

A travers ce trou, il est facile d'entretenir le feu au moyen d'une pelle de dimension et de figure convenable, et on peut le remuer avec une tige de fer recourbée, sans ouvrir la porte destinée à ces usages plus souvent qu'il n'est nécessaire pour allumer le feu, ou débarrasser le foyer des cendres et des scories qui le bouchent.

Ceux qui ont adopté ce mode d'entretien le trouvent parfaitement commode. Il réunit les avantages suivants : d'augmenter considérablement le tirage, de rendre facile l'opération d'allumer le feu, de permettre à l'opérateur de charger le fourneau autant qu'il lui plaît, de régler la chaleur avec certitude en toute occasion, sans craindre de voir le feu s'éteindre s'il est trop bas, ou prendre trop fort lorsqu'il y ajoute du combustible.

Si l'on emploie cette méthode, on peut sans crainte diminuer de moitié la surface ordinaire des barres ; il en résultera, par les raisons que nous avons exposées, une économie de plus de la moitié du combustible. L'opération pourra en outre se faire sans y donner beaucoup de soin ; ce qui n'a point lieu pour les fourneaux ordinaires, qui ne permettent aucune négligence.

DE LA GORGE (THE THROAT).

Dans beaucoup de fourneaux il n'y a point de gorge visible entre le foyer et le laboratoire. Dans quelques autres, ce passage est apparent. C'est une simple ouverture dont l'extrémité inférieure, qu'on appelle souvent le pont (the bridge), est fermée par une pièce percée de trous disposés en échiquier, qui répartissent plus également la chaleur à l'intérieur du laboratoire,

qu'une seule ouverture ne pourrait le faire. La seule attention à avoir est de faire en sorte que la somme des aires de ces trous ne surpasse point celle des aires comprises entre les barres de la grille; s'il en était autrement, on n'obtiendrait point cette égalité de température qu'on recherche.

DU LABORATOIRE.

La situation du laboratoire varie beaucoup, elle a déterminé le nom de plusieurs fourneaux. Dans quelques-uns, le laboratoire et le foyer ne font qu'un, et même, dans ce cas, il y a encore quelques variétés. Car tantôt les substances sur lesquelles il faut agir sont mêlées avec le combustible par couches alternatives superposées, comme dans les fours à chaux et à briques, ou bien on jette le combustible et la matière alternativement dans la bouche du fourneau, comme, par exemple, dans le travail du minerai de fer. Dans d'autres fourneaux les vaisseaux qui contiennent la matière, ou sont placés circulairement autour du feu, adossés à la muraille du foyer, comme dans les manufactures de verre, ou bien le vaisseau est placé au centre du foyer et entièrement entouré de combustible, comme dans les fourneaux de fondeurs. Cette dernière disposition a reçu, parmi les praticiens qui ont écrit sur leur art, le nom de feu à roue (wheel fire), ou ignis rotæ.

Le laboratoire, lorsqu'il est séparé du foyer, comprend trois cas particuliers : il est au-dessus du foyer, ou bien il est sur le côté du foyer, ou enfin il est placé au centre, et entouré de plusieurs foyers. Ce laboratoire est placé au-dessus du foyer dans les fourneaux où l'on emploie les vases de terre, de fer, les appareils à distiller ou les chaudières à vapeur. Ces vaisseaux sont ordinairement placés à la partie supé-

rieure du laboratoire, directement au-dessus du foyer, et on laisse un espace suffisant entre le vase et les murs du laboratoire, qui sert de passage à l'air échauffé qui a traversé le foyer. La section horizontale de ce passage doit être égale à l'espace libre laissé entre les barres de la grille, espace qui sert de module pour calculer toutes les parties du fourneau. S'il s'agissait donc de calculer l'espace à laisser entre l'extérieur d'une chaudière, ou d'un appareil quelconque, et les murs du fourneau, on chercherait d'abord la section horizontale du vase, mesurée sur l'extérieur du vase; on ajouterait à cette aire celle de l'espace libre laissé entre les barres de la grille : la somme de ces deux aires sera celle du cercle que devra former l'intérieur du fourneau. On cherchera le diamètre de ce cercle, et la moitié de la différence de ce diamètre et de celui du vase sera la largeur de l'espace à laisser entre ce vaisseau et le mur du fourneau (1).

Dans ces sortes de fourneaux, on voit rarement une gorge entre le laboratoire et le foyer. Curaudau a proposé de jeter au-dessus du foyer une arche, avec une ouverture circulaire au milieu; il affirme qu'en resserrant ainsi l'espace où s'exerce la plus grande action du feu, on obtient des effets surprenants : mais il nous semble que cette méthode a l'inconvénient de détériorer très-promptement la partie du vase exposée seule à l'action totale; ce qui force à le renouveler souvent. Lorsque le vase est très-considérable, on est forcé de

(1) On pourra consulter, pour les formules de mathématiques, le Manuel d'applications mathématiques publié par Roret, où le traducteur de cet ouvrage a cherché à renfermer toute la partie usuelle de la science, et les formules dont on a le plus besoin dans les applications des mathématiques aux arts et métiers.

le soutenir par des massifs en maçonnerie tellement disposés, que l'air échauffé puisse facilement s'échapper.

Les fabricants de pipes à fumer, les potiers, se servent aussi de fourneaux dont les laboratoires sont placés au-dessus du foyer. La partie supérieure de ces foyers est percée de trous, afin de répartir également la chaleur dans toutes les parties.

Dans les fourneaux de fusion et de rôtissage, comme dans ceux où l'on cuit la porcelaine, le laboratoire est placé sur le côté du foyer. On établit une communication entre ces deux parties, soit au moyen des trous, dont nous avons parlé, soit au moyen d'une seule ouverture. Les plus grands fourneaux des potiers ont un large laboratoire central entouré de quatre ou six foyers dont la communication, avec lui, est établie par une seule ouverture pour chacun d'eux. Les métallurgistes emploient aussi, quelquefois, un seul laboratoire central avec un foyer de chaque côté.

On a tenté bien des moyens d'introduire de l'air dans le laboratoire des fourneaux, pour y favoriser la consomption de la fumée qui sort, en quantité énorme, toutes les fois qu'on jette du charbon neuf sur le feu. Une entrée directe, dans le laboratoire, a le désavantage de le refroidir beaucoup trop: je la conseillerais d'autant moins que, par cette méthode, la fumée n'est jamais tout-à-fait consumée.

On a encore essayé d'établir des conduits dans la maçonnerie, entre la partie supérieure du cendrier et le laboratoire, afin que l'air échauffé, qui s'élèverait par ce conduit, favorisât davantage la combustion de la fumée; mais comme la chauffe est toujours considérablement refroidie lorsqu'on en ouvre la porte pour y remettre du charbon, il se passe quelque temps avant que la fumée s'allume.

M. Chapman de Whitby a récemment proposé une méthode que nous allons faire connaître. Les barres de sa grille qui, comme les autres, sont en fer fondu, sont de plus creuses à l'intérieur, et établissent une communication entre deux boîtes placées, l'une sur le devant, l'autre sur le derrière du fourneau.

A la boîte de devant, qui se trouve située au-dessus du regard (stoking door), il a adapté un registre qui lui permet de régler l'entrée de l'air. La boîte placée sur le derrière des fourneaux, ouvre dans un espace vide formée par un double pont. On voit, dès-lors, que le registre de la boîte de devant étant ouvert, il s'établit un grand courant dans les barres de la grille, qui, passant ensuite par l'espace laissé entre les deux ponts, s'échappe enfin par l'ouverture du pont supérieur, où il est en contact avec la fumée dont il ne tarde pas à favoriser la combustion. Cela arrive aussitôt que son action a pu contrebalancer celle de l'air froid qui s'est introduit en ouvrant la porte; et lorsqu'on emploie, outre cela, un entonnoir fermé (close hopper), semblable à celui que nous avons décrit, la fumée est instantanément et complètement consumée.

OUVERTURE DU LABORATOIRE.

Il faut une ouverture au laboratoire dans presque tous les fourneaux. Quelquefois elle se trouve placée sur le côté, comme dans les fourneaux de rôtissage, et dans ceux de fusion; mais, le plus généralement, ce n'est autre chose que le trou circulaire pratiqué dans la partie supérieure, et qui sert, en même temps, à placer le vaisseau qu'on soumet à l'action du feu.

Il est rare que ces ouvertures aient des portes. Dans le dernier cas, ces portes seraient inutiles, puisque le vase, par sa position, peut, en quelque sorte, les rem-

placer; on préfère, dans le premier cas, boucher cette ouverture par un léger travail en briques au commencement de l'opération. On l'enlève aussitôt qu'elle est terminée.

Quelquefois, enfin, on se dispense de fermer cette ouverture, qui dès-lors sert de passage à la fumée, le passage ordinaire étant fermé.

PASSAGE POUR LA FUMÉE ET L'AIR ÉCHAUFFÉ. (THE VENT).

Ce passage a été l'objet de grandes discussions quant aux dimensions relatives qu'il est nécessaire de lui donner. Les uns le veulent très-grand, afin, disent-ils, de permettre à l'air brûlé et à la fumée de s'élever plus facilement; d'autres, au contraire, prétendent qu'il doit être étroit, afin de ne pas dissiper la chaleur et la porter en pure perte dans la cheminée.

En général il n'est composé que d'une seule ouverture; mais, dans les fours à porcelaine, on a remplacé cette ouverture par un grand nombre de trous; c'est, comme on a pu le remarquer, le moyen le plus employé pour répartir également la chaleur. Les porcelainiers font en sorte que la somme des aires de ces trous soit exactement la même que celle des ouvertures par lesquelles la flamme et l'air échauffé passent dans le laboratoire.

Il semble donc convenable, dans tous les cas, de donner à ce passage ou à ces passages une surface égale à celle des espaces vides laissés entre les barres de la grille.

La situation de ce passage est ordinairement au sommet ou sur le derrière du fourneau. Il y a de grands inconvénients, selon nous, à le placer derrière; car, pour peu qu'on ouvre le gueulard pour remettre

du charbon neuf, il s'établit un fort courant d'air froid qui se précipite sur la surface du feu et qui, non-seulement refroidit tout l'intérieur du fourneau, mais qui, de plus, empêche la vapeur du charbon de s'élever, produit de la fumée et de la suie, change subitement la température des vases soumis à l'action du feu, et les fait souvent éclater, à moins qu'ils ne soient enduits d'un lut épais qui diminue toujours la chaleur transmise aux matières qu'ils contiennent.

M. Losh, que nous avons déja eu l'occasion de citer, a proposé de faire cette ouverture (the vent), à la face antérieure du fourneau, immédiatement au-dessus du gueulard, et de conduire l'air brûlé jusqu'à la cheminée, à travers des conduits pratiqués dans la maçonnerie. Il y a un grand avantage dans ce plan, c'est que si l'on ouvre une des portes du laboratoire, le courant d'air, au lieu de se répandre à la surface du combustible et de frapper avec trop de force les vases exposés à son action, passe immédiatement par l'ouverture (the vent), et ne se répand point à l'intérieur du fourneau, qui dès-lors ne se refroidit point comme les fourneaux ordinaires.

De même qu'on règle l'entrée pour l'air dans les fourneaux, au moyen de registres ou modérateurs (dampers), on emploie le même moyen pour régler sa sortie, en plaçant le modérateur à l'entrée de la cheminée. Mais il sera toujours préférable d'avoir une porte au cendrier ou une entrée pour l'air, et de régler le feu, au moyen de ces ouvertures, comme nous l'avons indiqué.

DE LA CHEMINÉE.

La cheminée est une des parties les plus importantes d'un fourneau, et tout à la fois celle dont gé-

néralement on s'occupe le moins. On peut reprocher à presque toutes les cheminées d'avoir une section horizontale beaucoup trop grande, il en résulte que le tirage est beaucoup moins rapide, et que la suie s'amasse. Toutes les fois que les côtés de la cheminée forment une surface plus grande que celle qu'on peut échauffer, la raréfaction de l'air qui la traverse est détruite. C'est de ce principe seul que dépend le tirage d'une cheminée; la cavité étant trop large, relativement au courant d'air, sa rapidité diminue, et la suie, au lieu de s'échapper, s'amasse sur les côtés au point d'obstruer le passage, ce qui gêne beaucoup le tirage et retarde quelquefois l'opération. Nous trouvons donc bien suffisant de donner à la cheminée une section horizontale égale à l'espace laissé entre les barres de la grille, ou des grilles, s'il y en a plusieurs.

M. Ridge a remarqué que lorsqu'on pouvait pratiquer une cavité au-bas du conduit de la cheminée, la suie s'y ramassait et gênait beaucoup moins le tirage.

Cette cavité ou ce puits pourrait avoir une porte à sa partie inférieure, par laquelle on enleverait la suie, sans être si souvent obligé de monter dans le conduit.

On sait assez que lorsqu'on se sert de conduits horizontaux pour faire communiquer un fourneau avec une cheminée verticale, ces conduits s'emplissent de suie en très-peu de temps, le tirage cesse, et il arrive même qu'ils crêvent. On pratiqua, dans un fourneau de ce genre, un puits semblable à celui dont nous parlons, toute la suie s'y ramassa, et l'on n'en trouva qu'une quantité très-minime dans le conduit.

Il arrive souvent qu'on ne construit qu'une seule cheminée pour un grand nombre de fourneaux. Cette méthode offre quelques avantages quand ces fourneaux sont toujours en action et qu'ils maintiennent

la masse de la cheminée à une température assez élevée pour que la force ascensionnelle de l'air qui a traversé le feu n'en soit point diminuée par un refroidissement. A moins que cette condition ne puisse être remplie, on devra donner à chaque fourneau des cheminées séparées.

Tous les fourneaux dont les conduits se rendent à une cheminée unique, et qui ne sont point employés, devront être hermétiquement fermés; ou, du moins, il faudra en fermer totalement les modérateurs (dampers), s'ils sont munis de ces appareils. Si l'on n'a point cette attention, il s'établira un faux courant, et l'air froid qui les traversera viendra refroidir la cheminée et diminuer la chaleur des fourneaux qui seront en action.

La stabilité de la cheminée, sa force de résistance contre l'activité des vents exige une large base, toutes les fois qu'elle n'est point adossée à d'autres bâtimens. D'après les calculs de M. Tredgold (*Voyez* Supplément à l'Encyclopédie britannique), chaque côté d'une cheminée à base carrée ou le côté le plus étroit, si la base est rectangulaire, doit avoir au moins un pied de largeur par chaque dixaine de pieds d'élévation, et l'aire du conduit ne doit point excéder un tiers de l'aire de la cheminée (1).

Les cheminées de nos foyers domestiques sont ordinairement terminées, à leur partie supérieure, par des cylindres de terre qui circonscrivent le carré formé par les côtés du conduit. Ceux qui jugent sur un simple coup-d'œil veulent bien appeler cela une contraction,

(1) Veut-on connaître la base qu'il faut donner à une cheminée carrée et uniforme dans toute sa hauteur, voici la règle donnée par M. Tredgold.

Divisez 156 par la différence entre 12000, et 26 fois la hau-



et prétendent que cette contraction augmente le tirage; mais il me semble qu'ils ne tiennent point compte de la grande épaisseur du travail en briques comparée à celle du cylindre.

A Venise les cheminées sont terminées par des pots en forme de cônes tronqués dont la plus grande section est la plus élevée. Les expériences de Venturi sur l'action des fluides dans les tuyaux porteraient à croire que

---

teur en pieds, la racine carrée du quotient, multipliée par la hauteur en pieds, sera égale au côté de la base.

Que l'on calcule, par exemple, pour une hauteur de 20 pieds; alors,

$$1^{\circ}\quad 20 \times 26 = 520$$
$$2^{\circ}\quad 12000 - 520 = 11480$$
$$3^{\circ}\quad \frac{156}{11480} = 0.0136$$

dont la racine carrée est 0.117 à peu près.

Multipliant 0.117 par 20 (hauteur en pieds), le résultat sera 2.34, c'est-à-dire qu'on aura, pour le côté de la base, deux pieds quatre pouces environ.

Si la cheminée n'était pas carrée, le résultat trouvé par le calcul précédent donnerait le plus petit côté de la base.

Si la cheminée allait en diminuant vers le haut, de manière à ce que la largeur ne fût au sommet que la moitié de celle de la base, on aurait à diviser 104 par 12000, moins 32 fois la hauteur de la cheminée en pieds; et la racine carrée du quotient, multipliée par la hauteur en pieds, donnerait le côté de la base.

Soit, par exemple, une cheminée de 100 pieds de hauteur; la règle donne

$$\frac{104}{12000 - (32 \times 100)} = 0.01182$$

dont la racine carrée est 0.109 à peu près. Or, 0.109 × 100 = 10.9, ou dix pieds onze pouces environ, pour le côté de la base, et par conséquent cinq pieds et demi pour le côté du sommet de la cheminée.

cette méthode est préférable à la nôtre. Quand nous décrirons le fourneau lithogéognosique de Macquer, nous aurons l'occasion de rapporter une expérience de Guyton de Morveau sur ces sortes de tuyaux.

Quand la cheminée est en communication avec des fourneaux qui donnent beaucoup de chaleur, la force ascensionnelle de l'air échauffé est toujours capable de vaincre l'action du vent, à moins qu'il n'y ait un véritable ouragan. Il n'en est plus ainsi dans les cheminées qui tiennent à des fourneaux dont la température s'élève peu, le vent empêche la sortie de l'air échauffé, et contribue encore à diminuer l'action du feu. Je suis donc porté à croire que toutes les cheminées devraient avoir un talus au sommet dans le sens de la face extérieure à la face intérieure.

La muraille des cheminées est généralement simple; cependant, lorsque l'air qui la traverse doit avoir une température très-élevée, on a trouvé préférable de faire des murailles doubles entre lesquelles se trouve un espace vide. On lie ces deux murailles l'une à l'autre par quelques briques, d'espace en espace.

VITESSE DU TIRAGE.

On pourrait croire que la vitesse du tirage dans les fourneaux a depuis long-temps été soumise au calcul, et qu'on est enfin arrivé à un résultat approchant de la vérité. Il n'en est point ainsi cependant; et le peu de mathématiciens qui se sont occupés de cette question, diffèrent d'une manière surprenante. Tous partent des principes de l'accélération dans la chute des graves et des théorêmes connus de l'hydrodynamique, mais ils en font des applications différentes.

Les recherches mathématiques de cette question, si simple en apparence, peuvent se diviser en deux classes.

La plupart des mathématiciens ont fait entrer dans leurs calculs l'accélération produite par la hauteur de la cheminée et la différence de poids spécifique de l'air extérieur et de l'air échauffé qui passe par la cheminée; mais leurs résultats ne s'accordent point.—M. Davis Gilbert, dont on connaît la réputation comme mathématicien, a seul basé les calculs sur la vitesse de l'air entrant dans le vide ou dans un milieu de densité différente.

Ils diffèrent également sur le lieu où l'on doit prendre la température de l'air échauffé pour la comparer à celle de l'atmosphère. La plupart d'entre eux prennent la température de l'air qui sort; M. Davis Gilbert a choisi la plus haute température du fourneau.

En prenant pour exemple un fourneau de fusion pour le cuivre, ayant une cheminée de 40 pieds d'élévation au-dessus de l'entrée pour l'air; la température de la partie la plus chaude du fourneau est de 1500 degrés de Fahrenheit, celle de l'air qui sort par la cheminée de 123 degrés, et celle de l'air extérieur de 40 degrés de la même échelle. En calculant la vitesse, d'après les principes de Montgolfier, le premier qui se soit occupé de cette question, et prenant ces principes tels que M. Payen les a exposés dans le Dictionnaire technologique, c'est-à-dire que la vitesse de l'air qui sort est égale à celle qu'acquerrait un corps grave, en tombant d'une hauteur égale à la différence de hauteur de deux colonnes d'air de même base; la première colonne est celle de l'air extérieur, la deuxième celle de l'air contenu dans la cheminée, qui serait dans son état actuel de même hauteur que la première, mais qu'on réduit en la ramenant à la température de l'atmosphère. Suivant cette hypothèse, l'air échauffé s'échapperait pour le cas actuel avec une vitesse de 10.91 pieds par seconde.

Pour plus de développements, nous donnerons ici l'exemple proposé par M. Payen, où nous laisserons les quantités évaluées en mesures françaises.

Si la cheminée a une hauteur de 100 mètres, on aura (les volumes des gaz étant en raison inverse des densités, et le volume des gaz augmentant par chaque degré thermométrique centigrade de 0.00375 de leurs volumes à 0° ou pour 100 degrés de 0.375), on aura, dis je :

100 (air extérieur) : 137.5 (volume de l'air intérieur) :: x : 100

d'où

$$x = \text{densité cherchée} = 71.$$

La colonne d'air extérieur à 0° étant de 100 mètres, la colonne intérieure sera représentée par 71 mètres, différence 29 mètres. La vitesse due à cette différence se calculera d'après la formule de la chute accélérée des corps graves, c'est-à-dire en multipliant la différence 29 par le nombre constant 19.62 et extrayant la racine carrée du produit, on aura :

$$\left.\begin{array}{l}\text{Vitesse de l'air à sa}\\ \text{sortie, et par seconde}\end{array}\right\} = \sqrt{19.62 \times 29} = 23.85 \text{ mètres.}$$

On a donné, à l'article *fourneaux* de l'Encyclopédie de Rees, une autre méthode de calcul fondée sur le théorème d'Atwood; elle consiste à diviser la différence de pesanteur spécifique de l'air extérieur et de l'air échauffé par la somme de ces pesanteurs, le quotient qu'on obtient multiplié par la vitesse qu'acquerrait un corps grave, tombant librement du haut de la cheminée, représente la vitesse du courant d'air à travers la

cheminée. Mais cette vitesse, dit l'auteur de l'article, sera le double de la vitesse réelle, c'est-à-dire de la vitesse eu égard au frottement exercé contre les parois du conduit. En adoptant cette formule, on trouverait, pour le premier cas,

Vitesse sans avoir égard au frottement = 3.88 pieds par seconde.
Vitesse réelle = 1.94 pieds.

Laissant de côté, pour le moment, la méthode de M. Gilbert, fondée sur une hypothèse particulière, examinons celle que M. Sylvester a donnée, en juin 1822, dans les *Annals of philosophy*. Il attaque d'abord la méthode de Gilbert, et regarde son hypothèse comme peu propre à fournir un résultat réel. Il se fonde sur ce qu'elle conduit à une vitesse plus grande que celle qu'acquièrent les corps qui tombent librement dans le vide, et sur ce qu'il ne tient, par conséquent, aucun compte des retards causés par un milieu résistant.

Selon M. Sylvester la vitesse du courant d'air échauffé est égale à la différence de pesanteur spécifique de l'air intérieur et de l'air extérieur divisée par le poids spécifique de l'air extérieur; le quotient qu'on obtient étant multiplié par la vitesse qu'acquerrait un corps grave en tombant librement de la hauteur de la cheminée. Cette formule conduirait donc, avec les données précédentes, à une vitesse de 7.74 pieds.

M. Tredgold, dans un ouvrage publié il y a plusieurs années, a présenté quelques formules relatives à cette question. Il estime que la force ascensionnelle du courant est égale à la hauteur de la cheminée, multipliée par l'expansion que l'air peut acquérir par suite de l'élévation de température, et que la vitesse est égale à la racine carrée du produit de cette force par

le nombre soixante-quatre. Afin d'avoir égard aux frottements, aux coudes et aux contractions, il retranche les trois huitièmes, ou même la moitié de son résultat.

D'après cela, la vitesse théorique du courant d'air, dans la cheminée, sera égale à 18.9 pieds, et la vitesse réelle que nous obtiendrons, en prenant la moitié de ce résultat, est de 9.5 pieds environ.

On peut voir, par le tableau suivant, les énormes différences qui existent dans les résultats de ces mathématiciens, qui tous, cependant, ont pris pour base à peu près les mêmes principes.

Suivant Montgolfier, la vitesse du courant d'air serait, par seconde, et pour le cas actuel........................	13.91 pieds.
Suivant l'auteur de l'Encyclopédie de Rees............................	1.94
Suivant M. Sylvester.............	7.73
Suivant M. Tredgold............	9.50

Mais ces différences sont à peine sensibles si on les compare aux résultats donnés par Davis Gilbert, dans le *Quarterly Journal of science*. D'après ce savant la raréfaction ou l'expansion de l'air, par la chaleur, s'obtient en élevant la fraction $\frac{481}{480}$ à la puissance dont l'indice exprime la différence de température et la densité ou pesanteur spécifique de l'air brûlé comparée à celle de l'air extérieur que M. Gilbert trouve être dans le rapport de 1.0874 à 1, l'expansion divisée par la pesanteur spécifique de l'air brûlé, donnera la pesanteur spécifique de l'air au dedans de la cheminée.

La force ascensionnelle, d'après le même auteur, est égale à la différence de ce poids spécifique et de celui de l'atmosphère, multipliée par le quotient, qu'on

obtient en divisant la hauteur de la cheminée par la hauteur qu'aurait l'atmosphère, si elle était d'une densité uniforme, et que M. Gilbert estime à 26058 pieds. La racine carrée de ce produit doit être multipliée par la vitesse avec laquelle l'air entre dans le vide, c'est-à-dire 1295 pieds par seconde, et le produit divisé par la racine carrée de la pesanteur spécifique de l'air le plus léger donnera la vitesse cherchée.

D'après cette hypothèse la vitesse, pour le cas actuel, ne serait pas moindre de 225.67 pieds par seconde; ce qui équivaut à 153 milles par heure, à peu près à cinq fois la vitesse du vent pendant les tempêtes.

Ces différences énormes dans les résultats de célèbres mathématiciens, prouvent assez combien il est difficile de soumettre une telle question au calcul; leurs recherches n'ont en rien diminué l'obscurité du sujet. Toutefois nous ferons remarquer que la fumée d'un corps en combustion placé devant l'entrée pour l'air d'un fourneau de fusion, en pleine activité, n'entre point dans le fourneau avec la rapidité extrême déduite des calculs de Davis Gilbert.

M. Haycroft a remarqué que la chaleur, dans les fourneaux de forge, n'augmente point seulement en raison du combustible qu'on y consume, mais en raison composée; et que même, dans les fourneaux à vent, ceux à travers lesquels passe la plus grande quantité d'air, dans un temps donné, consument proportionnellement une moindre quantité de combustible pour produire le même effet.

DE LA FUMÉE.

On a déja eu l'occasion de voir combien d'essais ont été faits pour prévenir le désagrément de l'immense

quantité de fumée qui s'élève lorsque l'on a jeté dans le foyer de la houille neuve, et que cette fumée est privée du contact de l'air échauffé. A cette fumée, déja si désagréable, s'ajoutent encore les vapeurs arsenicales ou sulfureuses, les métaux volatilisés, et d'autres matières qui se répandent tout autour, et à une grande distance des fourneaux de fusion.

M. Jeffreys de Bristol a proposé le moyen suivant pour se garantir de l'action des vapeurs arsenicales, et pour condenser la fumée. Il a deux conduits, ou contigus, ou à quelque distance l'un de l'autre, mais communiquant entre eux par un conduit horizontal placé à leur sommet. Le second de ces conduits est couronné par un réservoir rempli d'eau, dont le fonds est percé d'un grand nombre de petits trous; il a, de plus, une ouverture latérale à sa base pour laisser échapper l'eau qui descend.

Quand on opère dans le fourneau, on fait entrer l'eau dans le réservoir, elle passe aussitôt à travers les trous, descend dans le conduit, se divise en gouttelettes, entraîne l'air avec elle, et produit ainsi un tirage considérable, différent de celui produit par les machines soufflantes, en ce que, placé derrière le feu, elle attire plutôt qu'elle ne pousse le courant d'air.

Cette espèce de pluie, comme on le voit, en traversant les vapeurs et la fumée, se mêle avec elles, les condense, et le tout se porte à la partie inférieure du conduit où l'on a pratiqué une ouverture.

L'efficacité de ce moyen a été constatée par l'expérience. Le courant d'air se trouva considérablement augmenté, et, en dépit de tout ce qu'on put faire pour rendre la fumée aussi épaisse et noire qu'il fût possible, il ne s'en échappa pas la plus petite quantité par l'ou-

verture du bas du conduit, qui ne donna qu'un fort courant d'air et un ruisseau d'eau noirâtre.

Dès l'année 1810 M. John Henry Vivian avait commencé des expériences de ce genre à Penclawdd. L'appareil qu'il employa, d'abord, consistait simplement en longs canaux horizontaux, disposés en zigzag; mais il s'aperçut bientôt que, bien que les obstacles que rencontrait la fumée dans sa course donnassent lieu à la formation d'un dépôt dans le tuyau, il ne pourrait cependant atteindre le but qu'il s'était proposé par des moyens purement mécaniques.

En 1821 il tenta de condenser et d'absorber ces vapeurs au moyen de l'eau. Dans ce but M. Vivian fit construire un large canal qui traversait toute son usine, et qu'il prolongea en ligne droite à l'extérieur sur une longueur d'environ cent yards (92.40 mèt.), il éleva à son extrémité une cheminée de 100 pieds de hauteur. Entre l'usine et la cheminée, le conduit était interrompu par une grande chambre destinée à rendre la fumée stationnaire pendant quelques instants, et à permettre ainsi le dépôt des matières tenues en suspension mécaniques. Cette chambre était divisée par des cloisons verticales au moyen desquelles la fumée devait se trouver en contact plus immédiat avec l'eau qu'on se proposait d'y faire tomber sur plusieurs points. Le canal montait légèrement jusqu'au lieu où il débouchait dans la chambre; puis il descendait légèrement vers la grande cheminée, afin que l'eau qu'on devait introduire dans cette seconde partie du canal, ainsi que dans la chambre, pût couler dans la même direction que la fumée. Après avoir essayé diverses dispositions pour l'introduction de cette eau, M. Vivian se détermina à adopter celle qu'on emploie pour les douches, en admettant l'eau à la partie supérieure de la chambre

et du canal descendant dans des bassins de cuivre percés de trous, qui la distribuaient régulièrement en pluie. On obtint, par ce moyen, les plus heureux résultats. Il se faisait un dépôt considérable sur les parois du conduit, ainsi qu'au bas de la cheminée, et l'eau était fortement imprégnée de substances enlevées à la fumée, dont par suite le volume était considérablement diminué. A la sortie de la grande cheminée elle ne possédait plus, dans un degré marqué, aucune des propriétés nuisibles qu'elle avait avant de traverser la *chambre à pluie*.

Encouragé par ce résultat, M. Vivian fit de nouvelles chambres et des conduits très-étendus, de manière à comprendre dans l'opération d'assainissement tous les fourneaux de grillage de l'usine. Dans le système qu'on établit alors, la fumée, avant d'arriver à la grande cheminée, avait à traverser successivement quatre chambres à pluie, dans lesquelles la somme des hauteurs de chute était de 480 pieds; de plus, voulant condenser également la fumée qui se dégageait des fourneaux de fonte, on les fit communiquer avec la grande cheminée; mais ayant conclu, des expériences antérieures, que les fourneaux de fonte ne chaufferaient pas suffisamment lorsqu'on les ferait déboucher dans le même conduit, on constuisit pour eux un conduit séparé qui aboutissait directement à la grande cheminée.

Après avoir tenu ce système en activité pendant quelques mois, on observa que plusieurs des cloisons des chambres à pluie auxquelles on n'avait donné que l'épaisseur d'une demi-brique, étaient tombées, par suite de l'action des acides sur le mortier et sur les briques elles-mêmes, et qu'une réparation générale était nécessaire.

En l'exécutant, on réduisit le nombre des cloisons de quelques chambres, et on fit les passages pour la fumée, non au haut et au bas des cloisons, mais à leurs extrémités latérales, de manière que la fumée put passer à travers la chambre à pluie horizontalement, au lieu d'être contrainte à monter contre la direction des gouttes, et à descendre au-dessous du niveau des fourneaux de grillage. On peut voir, dans l'excellent ouvrage de deux élèves distingués de l'École des Mines, MM. Dufrenoy et Élie de Beaumont, un dessin de cet appareil. Nous nous plaisons à reconnaître que nous avons extrait de cet ouvrage tout ce qui tient à l'appareil de M. Vivian.

On remarqua aussi que les bassins de cuivre percés de trous, placés à la partie supérieure des différentes divisions des chambres à pluie, avaient été dégradés par la fumée, et qu'elle s'échappait par les joints qui les entouraient. Pour obvier à ces inconvénients, on prit le parti de couvrir la totalité de chacune des chambres, par un seul bassin de cuivre percé de trous à son fond dans les parties correspondantes au courant de fumée. Les trous sont percés sur des lignes diagonales, à peu près à un pouce l'un de l'autre, et un pied de surface en contient environ 250, ils ont un seizième de pouce de diamètre. On a cherché à les faire aussi petits que possible, pour multiplier les surfaces de l'eau; mais ce liquide n'aurait pas coulé avec facilité à travers des ouvertures plus petites. On place les feuilles de cuivre de manière que les barbes des trous soient tournées vers le bas, disposition qui facilite la formation des gouttes. L'arrangement des trous est tel que la fumée qui échappe aux gouttes d'une ligne, se trouve en contact avec celles d'une autre.

Bien que les résultats de ces opérations aient été

très-satisfaisants, et qu'on puisse attendre de grands avantages de cette méthode, il ne sera point toujours facile de l'adopter; les dépenses considérables qu'elle entraîne, les difficultés de se procurer de l'eau, seront, dans bien des cas, un grand obstacle à son adoption. D'un autre côté le temps et le travail amèneront, sans doute, des améliorations qu'on n'aperçoit point aujourd'hui. Il pourra se faire, par exemple, lorsque le fourneau sera destiné à échauffer une chaudière à vapeur, qu'une partie de sa puissance soit employée à élever l'eau des *chambres à pluie.*

DU DÔME.

Dans quelques arts chimiques, ceux du verrier et du potier, par exemple, c'est le laboratoire lui-même qui sert de cheminée au fourneau et qui produit le tirage nécessaire. Un dôme conique d'une grande élévation et terminé au sommet par un cylindre, entoure le fourneau où sont admis les ouvriers; l'air nécessaire à la combustion sort d'un caveau souterrain, traverse le feu, et passe dans le dôme par des ouvertures pratiquées au-dessus de leur tête, et comme les portes n'admettent d'air que ce qui est absolument nécessaire à la respiration des hommes, le feu ne perd presque aucun des avantages de la vitesse du tirage que donne la hauteur du dôme. Les chimistes ont cherché à imiter cette construction dans leurs petits fourneaux d'expérience. Afin d'obtenir un grand degré de chaleur dans leur fourneau à vent, dont la cheminée n'a guère que deux ou trois pieds d'élévation, ils ont souvent adapté au cendrier un tuyau de trois ou quatre pouces de diamètre, traversant le mur du laboratoire, et dont l'autre extrémité communique avec le dehors, au moyen d'une espèce d'entonnoir.

Les chimistes praticiens, qui ne sont point en général très-familiarisés avec les théories hydrostatiques ou pneumatiques, se sont souvent plaints de n'avoir point tiré de ce tuyau additionnel tous les avantages qu'on en promettait. On pourrait leur répondre que cela tient à ce qu'ils ont négligé les conditions nécessaires à l'effet et que nous leur indiquerons. D'abord il est nécessaire que la porte du cendrier soit hermétiquement fermée, de manière à ce que le fourneau ne reçoive d'air que par le tuyau; de plus, les fenêtres et les portes du laboratoire ne doivent point être fermées avec moins de soin : je voudrais même qu'on collât du papier sur les fentes qui pourraient laisser entrer l'air. Enfin la porte du laboratoire ne doit être ouverte que dans le cas où l'opérateur éprouverait trop de difficulté à respirer; encore ne doit-ce être que pour un moment. Si l'on prend toutes ces précautions, le laboratoire devient une véritable partie de la cheminée, et toute sa hauteur augmente l'effet du tirage.

DU COURANT D'AIR.

On emploie un courant d'air forcé (blast of air) dans les fourneaux, pour remplacer le tirage ordinaire, toutes les fois qu'il ne paraît point convenable de donner à la cheminée une hauteur suffisante pour obtenir le même effet, ou qu'il est nécessaire d'obtenir cet effet dans un temps plus court qu'il n'arrive dans les fourneaux à vent, qui exigent toujours un temps considérable, avant que le tirage ait tout son effet; car la masse de maçonnerie qui les constitue absorbe toujours une quantité considérable de chaleur, avant de s'échauffer au point convenable.

Deux méthodes ont été suivies pour produire ce courant d'air artificiel. La plus ancienne est sans doute

celle qui consiste à faire descendre d'une certaine hauteur une quantité d'eau qui, en refoulant l'air, produit l'effet désiré. Comme cette chute d'eau ne pouvait point s'obtenir toutes les fois qu'il était nécessaire d'avoir un courant d'air, on y suppléa par des soufflets de constructions diverses ou par des machines soufflantes.

Quelque moyen qu'on emploie, le courant est toujours plus ou moins inégal et demande à être réglé.

Trois méthodes conduisent à ce but. Tantôt le courant d'air, en sortant de la machine, passe dans une vaste chambre construite en fer ou en maçonnerie, et il s'échappe ensuite d'une manière continue; tantôt le courant entre dans un vaisseau dont la partie supérieure glisse à frottement sur une tige verticale, passant par son centre. Cette espèce de piston est chargé d'un poids convenable que l'air soulève; cet ensemble s'appelle un régulateur, parce qu'il règle en effet la force du courant.

Par la troisième méthode, le courant entre dans une caisse de bois ou de tôle ouverte par le bas, fermée par le haut et fixée dans un grand réservoir plein d'eau. L'eau, chassée par ce courant d'air, s'élève dans le réservoir, et sa pression règle la force de ce courant.

DES ARRANGEMENTS PRÉPARATOIRES.

Avant de construire des fourneaux, il est nécessaire de se procurer toute la quantité de fer qu'ils exigent, afin de ne point retarder l'opération.

Pour la plupart d'entre eux il faut une porte en fer qui sert aussi à allumer et à entretenir le feu, à enlever les scories. Cette porte doit donc en général avoir la longueur du foyer. Pour les fourneaux ordinaires, où elle ne sert point à ces usages, sa hauteur ne doit point dépasser quatre pouces. Plus ces portes sont

basses en effet, moins elles gênent le courant d'air, et moins elles se déforment. Elles doivent être de fer battu doublé en fonte, le tout bien joint. La forme qu'on leur donne ordinairement peut sans inconvénient leur être conservée, pourvu toutefois que le loquet soit plus gros qu'à l'ordinaire et traverse la porte dans toute sa longueur, pour lui donner la force de résister au poids du combustible; autrement le fer s'amollit par l'effet de la chaleur violente à laquelle il est exposé, et le poids du combustible enfonce souvent le milieu de la porte. L'ouverture du gueulard doit avoir un châssis de fonte bien ajusté, c'est-à-dire que ce châssis doit avoir la forme et la dimension de l'ouverture qui, dans les fourneaux moyens, est d'environ quatre pouces de large, sur trois de hauteur. La bande inférieure doit dépasser de six à huit pouces les bandes de côté et avoir environ six pouces de plus en largeur, pour former une espèce de pelle, sur laquelle on place une cale, qu'on appuie contre la porte. Cette cale est le plus généralement une brique.

On se procurera encore des plaques et de bonnes barres pour élever le travail en briques au-dessus des parties creuses du fourneau. Lorsqu'il est nécessaire d'avoir des plaques extraordinaires, on les fait fondre exprès de la dimension nécessaire.

Les propriétaires de manufactures devront toujours faire en sorte de continuer leurs opérations nuit et jour. Si cela n'était point praticable, il faudrait fermer avec soin toutes les ouvertures du fourneau pour l'empêcher de se refroidir pendant la nuit. On a remarqué que les fourneaux qu'on avait le soin d'entretenir ainsi à une température à peu près constante, duraient six ou même sept fois aussi long-temps que les autres que les contractions et les dilatations alternatives causées

par des températures très-différentes, détériorent très-rapidement.

Quelques chimistes, qui ne peuvent faire ainsi un usage continuel de leurs fourneaux, les ont cerclés en fer; d'autres même les ont complètement entourés de plaques de fer fondu, dans lesquelles on pratique les ouvertures nécessaires.

FOURNEAUX POUR LES OPÉRATIONS CHIMIQUES EN GÉNÉRAL.

DES RÉCHAUDS OU FOURNEAUX DE CUISINE (STOVE HOLES) (1).

Ces fourneaux sont ordinairement construits par paires, ce qui est très-commode, lorsqu'on a à surveiller deux opérations à la fois : quand on se propose, par exemple, de mélanger deux liquides à des températures différentes qui par conséquent exigent un feu séparé pour chacun.

Deux motifs nous portent à donner la description de ces fourneaux : d'abord l'utilité dont ils peuvent être pour le chimiste praticien, puis l'intérêt de l'économie domestique à laquelle nous avons consacré une partie de notre ouvrage, et que, selon nous, on a beaucoup trop négligée jusqu'ici dans les ouvrages de chimie où l'on a consenti à s'en occuper, et c'est, il faut le dire, le très-petit nombre.

La figure I, réduite à l'échelle d'un demi pouce par

(1) Nous donnons le nom de réchaud à cette espèce de fourneau, parce qu'il n'existe point de mot français qui corresponde exactement au mot anglais *stove hole*, et parce que sa forme le rapproche assez des réchauds ou fourneaux de nos cuisines.

pied, représente la meilleure forme de ces fourneaux. Pour procéder à leur construction, on trace sur le sol la figure *a b c* au-dessous d'une cheminée ou d'une hotte destinée à donner une issue aux vapeurs. Le front doit avoir trente-sept pouces et demi de largeur, et la profondeur *b c* doit être de vingt et un pouces. Sur les quatre côtés du parallélogramme ainsi tracé on élève, au moyen de briques posées sur leur plat, des petits murs de deux pieds de hauteur, et l'espace qu'ils comprennent étant de nouveau divisé également par un mur de même hauteur, on a ainsi deux trous à cendres (ash pits) de douze pouces en carré, ayant entre eux une séparation de quatre pouces et demi de longueur et fermés par des murs de la même épaisseur.

Avec cette hauteur aux cendriers on obtiendra un bon courant d'air; mais il faut de plus, à la partie inférieure de chacun d'eux, pratiquer une ouverture *d d* de cinq pouces sur quatre, pour admettre l'air nécessaire à la combustion, dont on réglera l'accès par une porte en fer, une coulisse ou simplement une brique taillée en forme de coin, dont on tirera ou poussera la tête, selon qu'on voudra donner plus ou moins d'air.

A la partie supérieure de chacun de ces cendriers doit se trouver une grille dont les barreaux auront sept huitièmes de pouce, et seront à un pouce de distance l'un de l'autre. Ces barreaux entreront dans deux barres principales, s'appuyant sur des saillies pratiquées à l'intérieur du fourneau. Cela fait, on élève les murs d'un pied de plus, en ayant soin de laisser à la partie antérieure du fourneau des ouvertures *e e* de quatre pouces de hauteur sur cinq de largeur, dont la base se trouvera élevée d'environ un pouce au-dessus de la grille. Ces fourneaux sont fermés par des portes en fer.

Enfin ils restent ouverts par le haut, et l'on voit

que les murs sont également élevés de tous côtés, excepté sur les flancs *ff*, où ils n'ont que six pouces au-dessus de la hauteur de la grille. Lorsqu'il n'est point nécessaire que ces échancrures soient ouvertes, on les bouche par quelques briques, qu'on enlève ensuite, lorsque le cas l'exige.

Il est d'usage de donner à ces murs une demi brique ou quatre ou cinq pouces d'épaisseur, comme nous avons recommandé de le faire. Mais comme ces murs épais exigent beaucoup de temps et de combustible pour s'échauffer, il faut, selon Weigel, ne leur donner que trois pouces au plus. On emploie alors des briques placées sur leurs flancs qu'on soutient par des bandes de fer serrées par des vis, comme pour les poëles ordinaires; puis on recouvre le tout d'une couche de glaise d'un demi pouce d'épaisseur, par-dessus laquelle on adapte une *chemise* en fer fondu.

Comme la distillation au moyen de la cornue est une des opérations fréquentes de la chimie, on dispose un de ces réchauds pour cet usage, en y plaçant une bassine de fer fondu de six pouces d'ouverture environ sur six pouces de profondeur, qu'on soutient sur la grille, au moyen d'un petit support en fer. Ce vase est posé de côté, et l'espace entre la bouche et les murs du fourneau est comblé avec des morceaux de brique et de la glaise. Ce vase est destiné à recevoir la cornue de verre et le sable.

Lorsqu'on a besoin d'un haut degré de température, on charge de sable toute la partie supérieure de la cornue; pour ce, on recouvre le dessus de l'espèce de *moufle* que nous venons de décrire par deux plaques de tôle dans lesquelles on pratique des échancrures pour laisser passer le col de la cornue, et quelques trous par lesquels on fait passer le sable qui sert à remplir la moufle, si

on juge nécessaire de le faire; mais cette méthode a l'inconvénient d'empêcher l'opérateur de voir le fond de la cornue.

L'autre réchaud peut alors être employé à la fusion des corps. De même que le premier, on en peut boucher plus ou moins la partie *f*, au moyen de briques qu'on enlève à volonté.

Il est facile de voir qu'au moyen de ce réchaud bien simple on peut faire la plus grande partie des opérations chimiques qui n'exigent point une chaleur excessive.

C'est le charbon de bois ou le coke qu'on emploie le plus ordinairement dans ces réchauds; aussi n'ont-ils point ordinairement de passage pour la fumée ou l'air échauffé : si l'on voulait y brûler de la houille ou tout autre combustible donnant de la fumée, on ouvrirait en *g g*, à la partie postérieure du réchaud, des portes de huit pouces de largeur sur trois de hauteur à trois pouces au-dessous du sommet du foyer, et on les mettrait en communication avec une cheminée d'une hauteur moyenne.

Dans les laboratoires étrangers, la plupart de ces réchauds ont une profondeur de une fois et demie à deux fois leur largeur. On y place deux barres de fer dans le sens de l'avant à l'arrière, et vers le milieu de l'espace qui sépare la grille du sommet; elles servent à soutenir la retorte, le bain de sable, ou tout autre vase. Tels sont les fourneaux à réverbère des auteurs français, appelés par les Allemands fourneaux à distiller. Mais les chimistes de ces deux nations employant le charbon de bois, leurs fourneaux n'ont point en général les issues *g g* de la figure 1 ; cependant, dans les distillations à feu nu, les Français, après avoir fermé les côtés *f f*, recouvrent le fourneau par un dôme de

terre cuite, terminé par un tuyau; les Allemands se contentent de couvrir la partie supérieure par une plaque ou une tuile, en laissant sur les côtés quelques ouvertures qui favorisent le tirage.

DU FOURNEAU A POT ET A BAIN DE SABLE (FURNACE FOR THE SAND-POT AND SAND-BATH).

Ces fourneaux sont des plus importants et des plus utiles; mais, en général, leur construction est vicieuse, non-seulement dans les parties que nous avons pu examiner d'une manière générale, mais encore dans leurs proportions relatives.

Ils sont employés, surtout, pour la sublimation des sels, les distillations au moyen de cornues, et les évaporations. Bien construit, ce fourneau peut échauffer à la fois un pot de sable (sand-pot), et un bain de sable. Dans le pot de sable on peut, au moyen d'une retorte, faire toutes les opérations qui n'exigent que les températures comprises entre celle de l'huile bouillante et la chaleur rouge. En général, on place la retorte dans le sable, et même quelquefois on l'y enterre; mais quelquefois aussi on ne met dans le pot que ce qu'il faut de sable pour lui donner quelque stabilité.

Au moyen du bain de sable, on peut faire la plupart des distillations qui n'exigent que la température comprise entre celles de l'esprit-de-vin bouillant et celles de l'huile bouillante. On peut donner, au bain de sable, une grandeur suffisante pour contenir à la fois cinq retortes ou autres vases de la même grandeur, qu'on enfonce plus ou moins dans le sable suivant le degré de chaleur qu'ils exigent.

La première chose à faire avant de construire le fourneau, c'est de se procurer un pot de sable (sand-pot) convenable et deux larges plaques pour former

le bain de sable. La grandeur du pot sera déterminée par la grandeur et le nombre des retortes ou des corps qu'on a l'intention d'y placer. Il faut que la retorte puisse y être contenue en laissant autour d'elle un espace d'environ deux pouces pour y mettre le sable. La meilleure forme des pots de sable est celle d'un cylindre à base concave; cette base doit avoir deux fois l'épaisseur des côtés. Les pots ordinaires ont des fonds trop minces qui ne résistent point à une forte chaleur.

Les plaques qui servent pour le bain seront en fer fondu, et assez grandes pour laisser deux pouces d'intervalle entre chaque retorte, et deux pouces et demi entre elles et le bord du bain. Il faut que de plus elles dépassent de deux autres pouces l'ouverture qu'elles sont destinées à couvrir. Elles doivent être aussi minces qu'il est possible de les fondre; mais alors il faut prendre quelque précaution pour ne point les briser lorsqu'on les transporte ou qu'on les fixe.

Il faut encore se procurer un anneau de fer de trois pouces de largeur, assez grand pour recevoir le bord du pot.

Enfin, deux portes en fer avec leurs châssis et les barres pour le cendrier et le foyer, complèteront à peu près toutes les pièces en fer qu'on devra se procurer d'après les conseils que nous avons donnés à ce sujet et qu'on peut consulter.

Passons, maintenant, aux dimensions du fourneau. Le moyen suivant de les obtenir pourra être employé dans tous les cas où l'objet à échauffer est d'une nature fixe et constante.

Le diamètre du pot de sable dont on veut se servir étant connu, on y ajoutera six pouces pour l'espace à laisser autour, plus la longueur de deux briques pour l'épaisseur des côtés du fourneau. La somme de ces

quantités donnera le diamètre total du fourneau. Pour en avoir la hauteur on prendra d'abord la hauteur du pot, à laquelle on ajoutera huit pouces pour la distance à laisser entre le pot et la surface supérieure du feu à sa plus grande hauteur, puis six pouces pour la profondeur du foyer, et huit pouces pour la distance des barres de la grille au fond du cendrier; enfin, la hauteur d'une brique pour un rang de briques qui doit s'élever au-dessus des bords du pot; la somme de ces quantités est la hauteur totale du fourneau depuis la base.

Sur le lieu où le fourneau doit être élevé on creusera un trou rond ou carré, assez grand pour y asseoir les fondations, et d'environ huit pouces de profondeur, afin que les barres du foyer soient précisément au niveau du sol, le cendrier étant au-dessous de ce niveau.

Le motif de cette disposition est de ne pas trop élever les autres parties du fourneau, chose assez importante pour l'opérateur, qui, autrement, ne gouvernerait que difficilement l'opération qui se ferait dans le pot de sable, et plus difficilement encore celle du bain de sable qui est bien plus élevé que ce dernier. Il pourrait, à la vérité, se placer sur un petit banc; mais cette situation est peu commode.

On assied, comme nous l'avons dit, dans la cavité dont on a appris à calculer les dimensions, les fondations du fourneau; puis, au moyen d'un bon travail en briques, on lui donne une forme carrée ou cylindrique.

On laisse un espace *a* (fig. 2) pour le trou du cendrier qu'on creuse, et dont une des faces est la place de la porte du cendrier. Cette partie peut être faite avec des briques ordinaires liées par du mortier fait

avec des cendres de charbon; mais elles devront être assises très-solidement, afin que le mortier ne s'altère point lorsque l'ensemble est soumis à une température très-élevée. On élève alors le cylindre de huit pouces environ, et l'on place les barres du foyer, puis la porte *b* avec son châssis en avant des barres. On élève encore de six pouces le travail en briques en le liant solidement avec les barres du foyer et le châssis de la porte. Les rangs de briques qui entourent le foyer devront être composés de briques de Windsor, liées par de la terre grasse de Windsor, ou par de l'argile de Stourbridge. Si la chaleur doit être très-intense, on emploiera pour ciment le lut infusible, dont nous parlerons bientôt.

Quand on aura tout terminé jusqu'à cette hauteur, on placera une plaque de fer d'une force suffisante, et deux barres larges au-dessus de la partie vide ou des ouvertures qui conduisent à la porte et au trou aux cendres, afin de pouvoir continuer le travail en briques circulairement et par-dessus. On continue encore à élever le cylindre, seulement la cavité intérieure devient conique, c'est-à-dire qu'à partir du lieu désigné pour le foyer elle s'élargit assez pour que huit pouces plus haut son diamètre excède de six pouces celui du pot de sable. Ces six pouces sont pour faire la part des trois pouces de distance qu'il faut laisser entre les parois du pot et celles du fourneau qui, à partir de ce point, commenceront à être parallèles. La saillie *c* (the slab), placée au-devant de la porte du gueulard, doit être fixée dans le dernier rang de briques qui forme cette espèce d'entonnoir. La situation la plus convenable pour cette porte est, comme dans la figure, directement au-dessus de la porte du cendrier.

Ainsi que nous l'avons dit, à partir de ce point le cylindre s'élève parallèlement aux côtés du pot de

sable, et à trois pouces de distance; mais ce parallélisme cesse à environ un tiers de la hauteur totale du pot de sable, et la paroi prend une inclinaison inverse à celle qu'elle avait primitivement; elle rétrécit de cette manière l'ouverture jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que la place nécessaire pour y passer le pot de sable.

Dans le travail en briques qui forme cette pente supérieure, on laisse une cavité qui permet à la flamme et à la fumée de passer sous le bain de sable. Elle doit être placée au milieu de la partie où la construction pour le bain de sable touche le fourneau; on lui donne de quatre pouces et demi à cinq pouces de largeur, et environ deux pouces de hauteur.

Toute cette partie du fourneau peut être construite en briques ordinaires; mais elles doivent être liées, tout au moins, par de la terre grasse de Windsor (Windsor loam). Au sommet on place l'anneau de fer, dont nous avons parlé, et qui est destiné à soutenir le pot de sable. Il doit reposer sur un lut infusible.

Quand toutes les parties du fourneau ont acquis, en séchant, la solidité nécessaire, on place le pot dans l'anneau, où il n'est soutenu que par son rebord qui est renversé, et l'on pose une nouvelle rangée de briques dans la direction des côtés du pot de sable. Les briques qui touchent le pot sont liées par le lut infusible; du mortier fait avec des cendres de charbon suffit pour attacher les autres. Cette rangée doit encore avoir une pente sur le côté opposé au bain de sable, afin que le col des retortes placées dans le pot puisse s'abaisser davantage si on le juge à propos. Tout le fourneau à pot de sable étant ainsi complété, on y ajoutera le bain de sable.

On en trace d'abord la base *e f* (fig. 2), qu'il n'est point nécessaire de placer au-dessous du sol. Il doit être proportionné à la dimension de la plaque qu'on veut employer. Sa longueur sera donc celle de cette plaque, plus la largeur de deux briques; et sa largeur sera celle de cette même plaque, plus la longueur de deux briques. On élève alors les quatre murs en satisfaisant à ces conditions. L'espace qui existe entre eux est laissé vide et pavé de tuiles. On peut employer pour ces murs des briques et du mortier commun; mais il faut avoir grand soin que les briques soient bien d'à-plomb l'une sur l'autre. Une grande porte de fer et son châssis sont ensuite fixées, d'une manière solide, vers le milieu de la muraille. Dans le tracé de la base du fourneau à bain de sable, on pourra *mordre* d'une longueur de trois pouces sur le derrière du fourneau à pot de sable. Cette projection du fourneau à pot de sable dans l'autre *h i*, est nécessaire pour rapprocher un des côtés de la plaque de l'issue que nous avons pratiquée dans le premier fourneau pour la flamme et la fumée, sans être obligé d'allonger ce passage, comme il faudrait le faire, si une des faces du fourneau à bain de sable était simplement tangente au cylindre.

Les quatre murs étant élevés jusqu'au niveau de la partie inférieure du passage, on placera, sur ce cadre, une des plaques de fer reposant sur un mortier de cendres, et liée à sa partie supérieure, par de la terre grasse de Windsor, au reste de l'ouvrage. Au-dessus de cette plaque on élèvera encore quelques rangées de briques, sur lesquelles on posera la seconde plaque de fer, de manière à ce qu'elle entre d'un pouce de chaque côté dans les murailles, où on la scellera avec le lut infusible. On place ces briques bout à bout, et l'on

emploie toujours la terre grasse de Windsor pour les parties qui avoisinent la plaque, et le mortier de cendres pour les autres.

On laisse ouvert le passage pour la flamme et la fumée, et l'on pratique dans l'autre flanc du fourneau une seconde ouverture destinée à conduire la fumée dans la cheminée. Au-dessus de cette ouverture on place une bande de fer pour supporter les briques qu'on posera dessus.

Enfin l'on forme encore une rangée de briques *k* placées en largeur sur les bords de la plaque et tout autour d'elle, en ayant toujours l'attention d'employer le lut infusible pour les briques qui la touchent et le mortier de cendres pour les autres. Au-dessus de cette rangée on en place autant d'autres qu'il sera nécessaire pour élever suffisamment les côtés du bain de sable, ce qui est déterminé par la grandeur des vases qu'on veut y placer.

La cheminée de ce fourneau doit avoir au moins de douze à quatorze pieds d'élévation, et sa section horizontale doit être d'environ six pouces en carré.

Ce fourneau, construit d'après les conseils que nous avons donnés, et séché graduellement, sera de très-longue durée, pour peu qu'on en ait soin. Le pot de sable (sand pot) est la première pièce de ce fourneau qui deviendra hors d'usage; mais il sera facile d'enlever le rang de briques qui sert à le maintenir, de l'ôter de son anneau, de réparer le foyer et les autres parties intérieures du fourneau, d'y adapter un pot de sable neuf et de replacer le rang de briques. On a souvent répété jusqu'à trois fois cette réparation, sans avoir eu l'occasion de toucher à quelque autre partie du fourneau.

En général on donne au pot de sable un pied d'ou-

verture intérieure et neuf pouces de profondeur; les plaques du bain de sable ont trois pieds sur deux, et la porte du four est d'environ douze pouces de largeur sur neuf de hauteur.

Le D[r] Henri et quelques autres auteurs ont donné la description de fourneaux à bain de sable, destinés seulement à des évaporations lentes, et auxquels n'est point annexé le fourneau à pot de sable que nous avons décrit. Mais on fera toujours bien d'y joindre ce pot de sable, si l'on n'a pas besoin d'une grande chaleur dans l'autre fourneau. Quand il n'aurait d'autre usage que de contenir un matras à fond plat, dit enfer de Boyle, rempli en partie de mercure, l'oxide rouge de mercure se préparerait, pour ainsi dire, tout seul et sans autres frais que l'achat du métal. Bien mieux, comme le matras dont nous parlons a un col très-étroit, il pourrait servir de thermomètre approximatif pour régler la chaleur du deuxième fourneau. Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans les usages de cet oxide de mercure, que les anciens appelaient précipité *per se*, précipité rouge, et qu'on nomme aujourd'hui peroxide de mercure: il nous suffira de dire qu'il est employé comme escarotique dans les maladies vénériennes, et que, mêlé en petites proportions à une poudre inerte, il tue les poux et autres insectes pédiculaires. Un grain de cet oxide, longuement porphirisé avec un gros d'onguent rosat, constitue encore un excellent résolutif pour les ophthalmies chroniques.

La partie de ce fourneau qui contient le pot de sable, peut servir de modèle à tous les fourneaux du même genre, tels que ceux destinés à échauffer des chaudières de fonte ou de cuivre, les bouilloires d'étain des fabricants de couleur et en général tous les vases cylindriques ou hémisphériques. On peut ranger

dans cette dernière classe les vaisseaux qui servent à sublimer le camphre ; mais on voit que, dans beaucoup de cas, le vaisseau repose sur les bords du fourneau, et qu'il n'y a point lieu à faire le dernier travail en briques qui ferme toute la partie comprise entre les murailles du fourneau et les bords du pot de sable. Quelquefois enfin le vase est fixé au fourneau, d'autres fois il est mobile.

Quand ce vaisseau est très-grand, comme par exemple les cuviers qu'on emploie dans la fabrication de la bière, ou bien encore ceux qui servent aux évaporations des solutions salines, le poids énorme du fluide qu'il contient exige un travail qui en soutienne le fond. A cet effet, on établit ordinairement un massif en maçonnerie, dans lequel on laisse un passage pour la fumée et l'air brûlé; mais l'ancienne méthode, qui consiste à employer des piliers, nous semble préférable en ce qu'ils distribuent plus également le courant d'air sous la chaudière. On leur donne environ neuf pouces en carré, et on les dispose en échiquier, en les éloignant les uns des autres autant qu'il est possible.

Cette construction a cependant l'inconvénient d'établir un faux courant, toutes les fois qu'on ouvre la porte du gueulard, courant qui frappe la partie supérieure du feu, refroidit le fourneau et les vases et quelquefois fait éclater ces derniers. Le plan de M. Losh remédie à tous ces défauts.

La figure 3 représente une section verticale de l'appareil de M. Losh, réduit à l'échelle d'un quarante huitième, c'est-à-dire d'un quart de pouce pour pied.

a est le vase, pot ou chaudière; *b* la grille ou les barres sur lesquelles on place le combustible un peu en arrière du centre de la chaudière; *c* l'espace qui sépare le cendrier *d* du foyer; *e* le châssis du gueulard; *f f*

les piliers sur lesquels repose la chaudière et auxquels on donne six pouces de côté; *g g* espace contigu aux flancs de la chaudière, dans lequel monte l'air échauffé du foyer, après avoir passé entre les piliers; *h* la cheminée. Cette construction peut servir pour les petites chaudières ou vases dont il est nécessaire de chauffer le fond et les côtés, les appareils à distiller, ceux employés par le fabricant de sucre ou de savon, les évaporatoires pour les solutions salines ou alcalines, etc. Il est bien entendu que les dimensions du fourneau doivent être calculées d'après celle du vase qu'on veut y placer. On peut même adapter à ce fourneau une chaudière à vapeur ou toute autre chaudière de grande dimension; mais alors on emploie deux foyers qui distribuent plus également les gaz échauffés sur toute la surface du vase, et le mur qui sépare ces foyers sert en même temps à soutenir le fond de la chaudière. On répartit encore plus également la chaleur en divisant le foyer en trois, quatre, etc. parties, c'est-à-dire en faisant trois ou quatre foyers séparés par des murs; le fond de la chaudière n'en est que mieux soutenu.

La figure 4 représente une section verticale d'une chaudière à vapeur, avec son fourneau et ses deux foyers, réduite à l'échelle d'un quatre-vingt-seizième, c'est-à-dire un huitième de pouce par pied.

La figure 5 en est la section horizontale : *a* est un mur qui s'étend depuis le fond du cendrier jusqu'au fond de la chaudière, et à la partie supérieure des espaces laissés autour de la chaudière pour l'air échauffé. Ce mur coupe toute communication entre les deux foyers et ces espaces; il soutient en outre le fond et les côtés de la chaudière; *b b* sont les grilles ou barres sur lesquelles on place le combustible; *c* est un massif

qui sépare le cendrier du foyer et empêche l'air atmosphérique de passer de l'un dans l'autre.

d est la porte du cendrier, *e* la porte du foyer, *ffff* les piliers sur lesquels repose la chaudière : on leur donne environ neuf pouces, plus ou moins, selon la grandeur de la chaudière; *g* la chaudière; *h h* les espaces qui s'étendent tout autour de ses flancs et dans lesquels l'air échauffé s'élève du foyer, après avoir passé entre les piliers; *i i* passages pour l'air brûlé à travers lesquels il se rend, après avoir agi sur la chaudière, dans les conduits *kk*, qui le portent à une cheminée *l* placée d'une manière convenable, comme fig. 5, par exemple. A ces conduits *k k* on peut adapter des modérateurs (dampers) qui serviront à égaliser le courant d'air dans les deux fourneaux; un autre modérateur placé dans la cheminée servira à régler tout l'ensemble de l'appareil.

Je citerai le fait suivant comme un exemple de l'action intense et rapide des fourneaux construits sur ce principe. Une chaudière circulaire de treize pieds de diamètre fournit de la vapeur à une tension suffisante pour manœuvrer une machine de la force de vingt chevaux, établie par Boulton et Watt, huit minutes après avoir été totalement remplie d'eau. Le feu fut d'abord introduit dans le foyer, lorsque le fond de la chaudière seulement était couvert de liquide, et la machine fut mise en jeu dix-sept minutes après.

Une chaudière semblable placée sur un fourneau ordinaire exigea une heure et un quart pour porter la vapeur au même degré de tension qu'une chaudière, comme celle que nous venons de décrire, produisit huit minutes après avoir été totalement remplie. Le feu fut introduit dans l'une et l'autre, dès que le fond seulement fut couvert de liquide; et comme c'était une espèce d'*assaut*,

on fit de part et d'autre les mêmes efforts, et on déploya la même habileté.

C'est ce même modèle de fourneau qu'on a adopté pour la chaudière d'une machine à vapeur destinée à extraire la houille à la mine de Killingworth dans le Northumberland, et qui y remplaça un fourneau ordinaire. La chaudière est ronde, elle a treize pieds de diamètre, et le cylindre de la machine à vapeur a lui-même trente pouces de diamètre. Depuis qu'on se sert du fourneau de M. Losh, l'ouvrage se fait très-facilement, quoiqu'on n'emploie que le petit charbon de rebut et même qu'on ne consomme que la moitié de la quantité qu'on employait avec l'autre fourneau qui était bien loin encore de produire l'effet désiré. La machine déploie toute sa force pendant près d'une heure, sans qu'il soit nécessaire de remettre du charbon; l'ancien fourneau au contraire exigeait qu'on renouvelât le combustible à peu près toutes les dix minutes; et, bien que l'effet de l'air échauffé soit si puissant, le feu lui-même n'est que modéré et la combustion est si graduelle et si parfaite qu'il ne se forme point d'escarbilles. On n'est obligé de nettoyer la grille que tous les deux jours, quoique le charbon qu'on emploie ait une grande tendance à se vitrifier à un haut degré de chaleur.

Les seules instructions que nous ayons à donner sur les moyens d'entretenir le feu dans cette espèce de fourneau, sont de mettre beaucoup moins de charbon à la fois qu'on ne le fait ordinairement, de faire en sorte que la grille soit toujours entièrement couverte, mais par une couche de combustible beaucoup moins épaisse que dans les fourneaux ordinaires et que le feu y soit plus brillant; d'attendre, pour remettre du charbon dans un des fourneaux, que le feu soit devenu brillant; enfin, de faire en sorte, afin de conserver, autant qu'il est pos-

sible une température égale, que, lorsqu'un des foyers donnera son minimum de chaleur, l'autre au contraire donne son maximum, et réciproquement.

BOUILLOIRES A SELS (SALT BOILERS).

C'est un fait bien connu de tous ceux qui s'occupent d'applications chimiques, qu'on ne peut employer avec sécurité les bouilloires de fonte ayant tout leur fond exposé au feu, ni pour concentrer les solutions de sels qui cristallisent à la surface du liquide par l'effet de l'évaporation, ni pour lessiver des substances pesantes : parce que, dans le premier cas, les sels cristallisés qui tombent au fond, et dans le second la matière pesante, s'attachent au fond du vase et le crêvent à la fin.

Les bouilloires de fer ne présentent point les mêmes inconvénients; mais il est encore beaucoup d'autres occasions où l'on ne peut les employer avec sûreté. Qu'une solution d'un sel quelconque, par exemple, contienne quelque acide minéral en excès, cet acide agit sur les joints du vase, les corrode en peu de temps, et bientôt il est hors d'usage; ce qui entraîne à des réparations qui font perdre un temps précieux et causent de l'ennui.

Les chaudières auxquelles on doit donner la préférence pour évaporer les liquides denses à la surface desquels le sel cristallise, tels que le muriate de soude, le sulfate de potasse, sont celles dont on se sert pour concentrer le sirop de sucre, dans les Indes occidentales (sugar pans), et qui contiennent de cent à trois cents gallons. La figure 6 représente un de ces appareils qui peut contenir environ cette quantité. La profondeur du vase est de deux pieds sept pouces et la largeur au sommet de six pieds deux pouces. Le fond

du vase repose sur un travail en briques bien solide et lié par du mortier à feu, jusqu'à la profondeur indiquée dans la figure par la ligne ponctuée *b*. L'espace entre *a* et *b* est réservé pour le conduit qui entoure la chaudière et qui sert à l'échauffer; il communique avec l'ouverture *c*, à travers laquelle passe la fumée. La chaudière est entretenue constamment pleine de la solution soumise à l'évaporation dont par conséquent le niveau s'élève au-dessus de la ligne ponctuée *a*, afin d'éviter le danger auquel on pourrait exposer l'appareil en introduisant subitement une quantité considérable de liqueur froide d'un seul coup.

Bientôt la solution saline est assez concentrée pour que le sel commence à se montrer à sa surface; et comme, par la construction même du fourneau, l'ébullition marche de la circonférence au centre, ce sel, à cause de sa densité, tombe, à mesure qu'il se forme et se dépose au-dessous de la ligne ponctuée *b* d'où les ouvriers le retirent avec une grande cuillère faite exprès pour cet usage.

L'expérience a démontré que les sels à base de terre, tels que le sulfate de chaux, par exemple, dont on fait évaporer les solutions dans les chaudières ordinaires ayant leur fond exposé à l'action du feu, se déposent et forment à ce fond une croûte qu'on n'enlève qu'avec difficulté, pour peu qu'on laisse augmenter l'épaisseur de ces dépôts. La chaudière, par suite de sa température très-élevée, crève au moment où l'on s'y attend le moins.

Il n'en est point de même de la chaudière que nous venons de décrire : quelques-unes ont duré jusqu'à deux années sans aucun accident, et même en adoptant cette nouvelle construction, on a pu rendre utiles des chaudières dont on ne se servait plus depuis long-

temps, parce que leur fond avait été fendu par les causes que nous avons signalées. On se contenta de faire reposer leur fond sur un lit d'argile apyre (fire-clay), jusqu'à la hauteur des extrémités de la fente.

Jusqu'à ce que la liqueur entre en ébullition, une haute température est nécessaire; mais, une fois arrivée à ce point, on peut entretenir l'ébullition, et, par conséquent, l'évaporation avec du poussier de houille, pour peu qu'on surveille l'opération.

Les teinturiers hollandais se servent de constructions à peu près semblables pour leurs teintures en bleu. Il se forme une telle quantité de dépôt au fond de leurs chaudières, dans cette opération, que si elles étaient assises comme on les voit le plus souvent, le fond ne tarderait point à brûler. Ils donnent à leurs chaudières la forme d'un cône, ou pain de sucre renversé, et enfonce le sommet de ce cône un peu au-dessous du sol, de sorte que le feu ait sa plus grande action vers le milieu de la chaudière. Cette manière d'asseoir les chaudières pourrait encore être employée pour les appareils distillatoires où il se forme des dépôts considérables.

Mais, dans tous les cas, on devra préférer pour la chaudière les formes cônique ou hémisphérique au cylindre, dont les côtés sont verticaux, parce qu'ainsi une plus grande surface est exposée à l'action de la chaleur dans les conduits latéraux.

Ce principe de faire passer la chaleur autour du vase et en son milieu, sans l'appliquer à son fond, n'a point été adopté par les savonniers, qui placent toujours le feu au-dessous de leur chaudière.

Cette pratique est due, sans doute, à la difficulté de se procurer des vases de fer d'une dimension suffisante. Ils se servent encore en Angleterre et sur le

continent, de cuves dont le fond seul est en fer, et les flancs formés par des douves de bois, ou par de la maçonnerie.

Nous aurons occasion de voir, par la suite, comment Glauber a remédié, dans quelques cas, à cet inconvénient.

DE L'ALAMBIC, VASE A DISTILLER (COPPER STILL).

L'alambic se place sur le fourneau à pot de sable que nous avons décrit, ou, du moins, sur un fourneau qui ne diffère de celui-ci qu'en ce que le cendrier n'est plus au-dessous du niveau du sol. Même on laisse un peu plus de hauteur à ce cendrier, afin de pouvoir élever davantage l'appareil *condenseur*.

On a donné une infinité de formes aux appareils qui servent à distiller les esprits, et que nous décrirons plus tard. L'alambic qu'on emploie, en général, est un cylindre dont la largeur doit excéder d'environ un quart la profondeur. On n'expose guère qu'un quart de sa hauteur à l'action du feu. Si, cependant, il avait un fourneau pour lui seul, on ferait bien d'élever le travail en briques jusqu'à sa bouche afin de retenir la chaleur, d'économiser le combustible, et de prévenir la condensation des vapeurs sur les flancs, et l'empêcher de retourner à l'état liquide dans le vase. Si, au contraire, le fourneau ne fait qu'accidentellement le service de l'alambic, on aura le soin d'envelopper toute la partie découverte et la gorge de ce dernier avec de la laine ou des linges.

La gorge de l'alambic (the neck of the still), c'est-à-dire la partie cylindrique du chapiteau, devrait avoir, au moins, un pied de hauteur, et l'on pratique, à quelque distance de son flanc, une petite douille ou tuyau d'un pouce de longueur environ, sur un demi-

pouce de largeur. Cette douille est ordinairement fermée par un bouchon vissé, ou par un morceau de liége passé dans le col d'une vessie, et retenu sur la douille par un anneau. Cette ouverture sert à remplir la chaudière ou *cucurbite*, sans enlever le chapiteau (the head), ou à la vider au moyen d'un syphon; dans les grands appareils on adapte, pour ce dernier usage, un tuyau à la partie inférieure de l'alambic, et on le ferme par un bouchon.

La troisième partie de l'alambic est le chapiteau (the head). La tête de Maure (the moor's head), c'est-à-dire le couvercle *hémisphérique*, est de beaucoup préférable, pour la plupart des opérations, au couvercle en col de cygne dont les distillateurs se servent pour les esprits; car, sous cette dernière forme, tout ce qui se condense dans la tête retourne dans le corps de l'alambic.

La gorge du chapiteau a de six à huit pouces de long, et le chapiteau lui-même est cylindrique et fermé au sommet par une calotte sphérique, ou plutôt une demi-sphère, dont le diamètre est plus grand que celui de la gorge, de sorte qu'elle dépasse celle-ci tout à l'entour. Elle est terminée inférieurement par un canal ou une gouttière qui reçoit le liquide condensé et le porte à travers le bec (the noze) dans le récipient.

On a cherché plusieurs moyens de hâter la condensation des vapeurs. Les distillateurs emploient pour condenseur ou réfrigérant un tuyau de cuivre ou d'étain contourné en spirale ou en hélice, dans lequel pénètre la vapeur, et qui est, lui-même, baigné à l'extérieur par de l'eau froide, qu'on renouvelle au besoin. Mais cet instrument, qu'on appelle un serpentin (worm), présente plusieurs inconvénients : il est, d'abord, assez dispendieux, puis sa forme même fait qu'il

ne peut être nettoyé facilement lorsqu'on a distillé des matières odorantes, ni facilement débarrassé des matières grasses que donne quelquefois la distillation.

On a donc imaginé un genre de condenseur à peu près aussi commode, et bien moins dispendieux. C'est un simple tuyau d'étain ou de fer-blanc passant à travers un baquet d'eau, ou, ce qui vaut mieux encore, à travers deux petits tonneaux placés côte à côte. La condensation ne s'opère point aussi promptement avec ce tuyau droit, qu'au moyen d'un très-grand serpentin; mais, sous tous les autres rapports, il doit être préféré à ce dernier. On lui donne ordinairement de quatre à huit pieds de longueur, et on l'incline suffisamment pour que la liqueur s'écoule à mesure qu'elle passe à l'état liquide.

Les baquets ou tonneaux se placent le plus souvent sur leurs fonds. Quelques personnes, cependant, préfèrent les placer sur leurs flancs, et ils introduisent les tuyaux à travers des ouvertures pratiquées dans les fonds. M. Acton a démontré l'utilité d'employer deux réfrigérants pour le tuyau condenseur d'un appareil distillatoire.

Il mit d'abord en communication le seau d'un serpentin dont la capacité était de trente-six gallons avec un alambic en action contenant neuf gallons; l'eau du seau devint bientôt tellement chaude, qu'il fallut la renouveler.

Il employa ensuite, comme allonge, un tuyau horizontal, en étain, de trois pieds de long environ, de deux pouces de diamètre du côté de l'alambic, et de trois quarts de pouce de diamètre du côté du serpentin, auquel il fit traverser une bache d'eau de trois pieds de long, profonde de douze pouces, et de quinze pouces de largeur; la distillation qu'on prolongea, autant qu'on le

voulut, n'éleva point d'un seul degré la température de l'eau du serpentin, tandis que la chaleur s'accumulant tout entière dans la bache, y éleva l'eau de cent quarante à cent cinquante degrés, température à laquelle elle s'évaporait visiblement.

Les petits alambics ont, au sommet du chapiteau, une espèce de petit réservoir circulaire qu'on remplit d'eau. Ce réservoir est soudé autour de la gorge du chapiteau, il est de quelques pouces plus large, et s'élève de quelques pouces au-dessus de cette gorge. Au moyen de l'eau froide qu'il contient il agit, en quelque sorte, comme le premier de nos tonneaux. L'eau s'échauffe bientôt par suite de la condensation des vapeurs contre sa paroi, et quand elle a acquis une certaine température, on la laisse s'écouler par un robinet placé sur un des côtés de ce réservoir, et on la remplace par de l'eau froide. Afin d'utiliser cette eau chaude, les *bonnes* femmes de ménage choisissent toujours, pour leur jour de blanchissage, celui où l'on distille.

Quand on n'a, sous la main, ni baches ni tonneaux, et que l'alambic n'est point muni d'un réservoir comme celui que nous venons de décrire, on se contente d'envelopper le tuyau à condensation de quelques vieux linges qu'on y attache, en ayant soin de les entretenir dans une humidité constante. Comme la vapeur qui passe dans le tuyau l'échauffe continuellement et sèche le linge, on cherchera à placer, dans quelque endroit commode, un petit baril rempli d'eau qu'on laissera couler, ou goutte à goutte, ou en un filet qu'on règlera par un robinet, sur la partie supérieure du tuyau, afin de le tenir constamment humecté.

L'appareil de M. Weigel l'aîné, chimiste de Stockholm, est plus élégant. Il a été préféré par un grand

nombre de chimistes à l'incommode serpentin. Son tuyau à condensation est droit et encaissé, pour la plus grande partie de sa longueur, dans un autre tuyau d'un pouce et demi environ plus large que celui qu'il renferme, dont les extrémités sortent de huit pouces environ de chaque côté.

Un conduit en plomb, qui amène l'eau d'un réservoir dont le niveau est plus élevé que le sommet de l'appareil, est soudé à l'extrémité inférieure du tuyau d'enveloppe. Ce conduit est muni d'un robinet destiné à régler la sortie de l'eau, ou à la boucher tout entière. Un second robinet est placé à l'extrémité supérieure du tuyau d'enveloppe du côté de l'alambic, et sert aussi à régler la sortie de l'eau qui s'élève dans l'enveloppe.

Lorsque la distillation est commencée, et qu'on désire mettre en jeu ce réfrigérant, on ouvre plus ou moins les robinets, l'eau froide descend du réservoir à l'extrémité inférieure de l'enveloppe; elle s'élève dans cette enveloppe, rafraîchit le tuyau intérieur, et s'échappe enfin par le robinet supérieur. On la recueille dans des seaux.

Cette méthode exige un réservoir placé à une hauteur convenable; ce qu'il n'est point toujours commode de faire construire exprès; M. Danforth a proposé, pour remédier à cet inconvénient, de faire agir le tuyau qui contient le liquide rafraîchissant à la manière des syphons. Pour cela on élève à une hauteur convenable, au moyen d'un châssis mobile, la partie inférieure du tuyau condenseur avec son enveloppe; on adapte, à l'extrémité inférieure de cette enveloppe, un tuyau court muni d'un robinet, et un tuyau plus long muni aussi d'un robinet à la partie supérieure. Ces deux robinets sont placés au bas des tuyaux, et

la longueur du second tuyau doit être telle, que son extrémité inférieure soit placée au-dessous du niveau de l'extrémité correspondante du petit tuyau.

On conçoit sans doute facilement comment on se servira de ce condenseur. On placera un vase plein d'eau à l'orifice du petit tuyau, et les deux robinets étant fermés, on versera de l'eau dans l'enveloppe jusqu'à ce que l'enveloppe et les deux tuyaux soient bien pleins. Cela fait, on ouvrira les deux robinets, et l'appareil agira à la manière des syphons, c'est-à-dire que l'eau s'élèvera par la plus courte branche, passera dans l'enveloppe pour redescendre ensuite par la branche la plus longue dans un seau vide, qu'on placera pour la recevoir. On règlera, d'ailleurs, l'écoulement en fermant plus ou moins le robinet de la longue branche.

Le *récipient* dont on se sert avec cet appareil, est ordinairement un matras avec un col contourné en S vers le milieu de sa hauteur; de sorte que si quelque huile passait dans ce récipient avec la liqueur distillée, elle pût y être retenue pendant que le liquide passerait par l'S pour se rendre dans des bouteilles disposées pour le recevoir. L'huile plus légère que le liquide, s'élèvera dans le récipient; l'huile plus lourde, au contraire, ira en occuper le fond.

La fig. 7 représente un alambic du genre de celui dont nous avons parlé, auquel on a adapté un réfrigérant à syphon et un récipient. Il est réduit à l'échelle d'un vingt-quatrième, c'est-à-dire d'un demi-pouce par pied : *a* est la porte du cendrier, *b* la place de la grille, *c* le regard, *d* le gueulard avec sa saillie en forme de pelle (slab), *e* le passage pour la fumée et l'air échauffé (the vent); il est placé derrière le fourneau; *f* le corps de l'alambic ou la cucurbite, qui a

ici trente pouces de large et vingt pouces de haut, de sorte qu'à moitié pleine elle contient vingt-sept gallons, aux trois quarts pleine, quarante et un; *g* douille par laquelle on remplit la cucurbite sans enlever le chapiteau, ou par laquelle on la vide au moyen d'un syphon; *h* partie inférieure du chapiteau, qu'on appelle aussi son collet; *i* chapiteau hémisphérique (moor's head), avec son bec (nose); *k* allonge du bec qui n'a ici (la place manquant pour la figure) que la moitié de sa longueur; *l* le tuyau réfrigérant à travers lequel l'eau monte, rafraîchit le tuyau intérieur, et y condense la vapeur qu'il contient; *m* la branche la plus courte du syphon, plongeant dans un baquet d'eau d'un grand diamètre; *n* la longue branche du syphon; *o* le robinet de la branche courte placé à son extrémité; *p* le robinet de la branche longue, qu'il suffit de placer au-dessous du niveau de *o*; *q* le matras servant de récipient, qui, par sa forme, retient les huiles essentielles qu'on distille aussi avec cet alambic, et permet à l'eau de s'échapper par le col en S, désigné par *r*.

Quelques chimistes préfèrent se servir comme condenseur d'un tube traversant une bache d'eau, comme nous l'avons indiqué. Voici la meilleure forme à donner à cet appareil, dont les tuyaux rectilignes peuvent être nettoyés facilement.

La figure 8 représente cette bache : on la fait de cuivre, ou de plaques de zinc soudées l'une à l'autre. Le tuyau condenseur (the adopter) se compose de trois tubes cylindriques *a b*, *c d*, *e f*, d'un yard environ de longueur, chacun coupé en bec de flûte à ses extrémités, et soudés ensemble de manière à ne former qu'un tuyau unique en forme de *Z* dont chaque branche est inclinée à l'horizon. Les extrémités de chaque tube

sont soudées à la bache et portent, comme on le voit, en *g* et en *i* un pas de vis extérieur. Ces tuyaux sont fermés par des boîtes ou couvercles *h m*, qui portent intérieurement une vis qui s'ajuste bien avec la vis du tuyau *g* ou *i*. On place un cuir entre ces boîtes et les embases des tuyaux, afin de les fermer hermétiquement.

La bache qui contient ces trois tubes, ou un plus grand nombre si on le désire, peut n'avoir de profondeur, de l'avant à l'arrière, que trois fois environ la largeur du plus gros tube : il est même inutile de lui donner une plus grande capacité; car l'eau se renouvelle continuellement, à mesure qu'elle s'échauffe, au moyen d'un conduit ou d'une gouttière qui met en communication le robinet du réservoir de l'atelier avec la bouche de l'entonnoir *i i*; l'eau chaude, qui occupe toujours la partie supérieure, s'échappe par l'orifice *k*. On adapte encore un autre robinet à la partie inférieure de la bache pour la vider, si on juge à propos de le faire.

On voit assez que cette disposition des tuyaux donne la facilité de les nettoyer à volonté; il suffit de dévisser les obturateurs *h m*, et d'y passer à plusieurs reprises une tige de fer bien garnie de filasse à son extrémité.

DU BAIN-MARIE (WATER BATH). BALNEUM MARIS.

La distillation des liquides très-volatils exige souvent une espèce de vase intermédiaire qui communique de la chaleur aux substances soumises à la distillation, tout en la modérant : c'est alors le bain-marie qu'on emploie. Ce bain-marie est ordinairement un vase cylindrique en étain qui entre juste dans une chaudière, et dont la partie supérieure repose sur les bords de

cette chaudière, de manière que les fonds ne se touchent point.

Quelquefois aussi on emploie le bain-marie pour les évaporations; dans ce cas, on ne donne de profondeur au vase que les deux tiers de sa largeur. Le bain-marie n'est souvent autre chose qu'un vase hémisphérique d'un diamètre un peu moindre que celui de la chaudière ou cucurbite, afin qu'on puisse adapter à cette chaudière une petite douille par laquelle on la remplit, et un tuyau plus long qui conduit la vapeur dans une cheminée, ou sous la hotte d'un fourneau. Le fourneau qui sert à échauffer cette chaudière est précisément semblable à celui de l'alambic.

On distille au bain-marie au moyen d'un alambic de la forme ordinaire, qu'on entoure d'une chaudière qui laisse sur les flancs et sur le fond environ quatre pouces d'intervalle autour du bain, et à laquelle on adapte un tuyau et la douille dont nous venons de parler.

Quelques chimistes se servent d'un long cylindre qu'ils font entrer dans l'alambic ordinaire; mais il est préférable d'avoir un appareil distillatoire séparé pour l'usage du bain-marie.

On a employé, pour l'évaporation des liquides, quelques autres méthodes. Pour la concentration des sirops, par exemple, on a fait circuler dans l'intérieur du vase qui les contient de l'huile échauffée, qu'une pompe foulante distribuait dans des tuyaux; on s'est encore servi de la circulation de l'eau portée à une certaine température pour faire éclore des œufs artificiellement et pour chauffer les serres.

DU BAIN DE VAPEUR (STEAM BATH). BALNEUM VAPORIS.

Le bain de vapeur des anciens chimistes est aujourd'hui en grande faveur dans quelques manufactures;

mais l'appareil du bain de vapeur étant passablement compliqué, et le bain-marie donnant, comme ce dernier, la facilité de modérer la chaleur, on le préfère ordinairement dans les laboratoires destinés à des usages généraux.

Le bain de vapeur, ainsi que nous l'apprend l'Évonymus de Gesner, remplaça d'abord la chaleur développée par la fermentation du fumier qu'emploient encore aujourd'hui quelques jardiniers. La vapeur était conduite à travers un tuyau dans une bache remplie de paille hachée, qui contenait les vases. La partie du tuyau qui traversait la bache était percée de petits trous; ces trous laissaient échapper la vapeur, l'échauffaient en se condensant dans la paille; l'eau qui résultait de cette condensation, s'échappait par un orifice pratiqué à un des coins de la bache.

Le bain de vapeur de Lémeri consistait en un cuvier à fond plat placé dans une chaudière munie de trois tuyaux, à travers lesquels la chaleur s'échappait dans l'atmosphère.

On en est revenu aujourd'hui, pour les usages ordinaires, à l'ancienne forme du bain de vapeur. On fait bouillir l'eau dans une chaudière ou une bouilloire ordinaire de fer-blanc placée sur un fourneau. Ce vase a un double couvercle fermant hermétiquement, et muni sur le côté d'un tube assez élevé. On place ensuite dans une situation convenable et, plutôt au-dessus du niveau de la bouche de la bouilloire, une bache de fer carrée et noircie. Un tuyau d'une longueur suffisante établit une communication entre la bache et la bouilloire. Ce tuyau entre dans la bouche de la bouilloire et s'y adapte parfaitement. On donne au fond de la bache une inclinaison telle que la vapeur condensée, c'est-à-dire l'eau, puisse facilement retourner à la bouil-

loire. La partie supérieure de la bache est percée de trous de différentes grandeurs, qui reçoivent des vases de fer-blanc pour les diverses opérations. Enfin, à l'extrémité de la bache, se trouve un tuyau qui conduit le surplus de la vapeur dans une cheminée.

La figure 9 représente une petite chaudière à vapeur de laboratoire, d'une puissance modérée avec quelques pièces qui en dépendent : *a* est le cendrier avec sa porte, *b* le foyer, *c* le gueulard et sa saillie en pelle (slab) : on le ferme avec du charbon menu; *d* est le regard pour le foyer, *e f* jauges avec leurs robinets ou robinets à jauge, comme on les nomme assez souvent. Ces tuyaux servent à donner la connaissance de la quantité d'eau contenue dans la chaudière. L'un des tuyaux se termine un peu au-dessus du niveau auquel l'eau doit être tenue dans la chaudière, et l'autre un peu au-dessous. En conséquence, si, quand on ouvre ces robinets, celui de dessus donne de la vapeur, et que l'autre donne de l'eau, tout va bien; si tous les deux donnent de l'eau, il y a trop d'eau dans la chaudière; si tous les deux donnent de la vapeur, il n'y a pas assez d'eau. *H* est le tuyau de remplissage qui est en communication avec le réservoir; *i* robinet qui sert à couper ou à établir la communication entre la chaudière et le réservoir; *k k* tuyau de sûreté courbé à sa partie supérieure; de sorte que si l'eau, forcée par le fluide élastique, montait dans ce tuyau, elle retournerait au réservoir. La hauteur du coude, au-dessus du niveau de l'eau dans la chaudière, détermine la plus grande tension qu'on puisse donner à la vapeur; *l*, tuyau à vapeur qui la conduit dans le lieu convenable. Ce tuyau est muni d'un robinet qui doit être construit de telle sorte, qu'il ne ferme jamais bien exactement; cela, afin de laisser toujours un petit passage à la vapeur.

Voilà tout l'appareil nécessaire pour les applications accidentelles de la vapeur aux opérations chimiques toutes les fois que la température, limitée par la différence de niveau de la surface supérieure de l'eau dans la chaudière et dans le réservoir, est suffisante. Mais lorsqu'il est nécessaire d'employer de la vapeur, comme on le dit, à haute pression, l'appareil se complique, et la chaudière exige un mécanisme particulier, parce qu'alors la pression de l'eau n'est plus suffisante pour l'introduire par le tuyau ordinaire de remplissage; on a recours alors aux pompes foulantes; mais ceci est plutôt du ressort du mécanicien que de celui du chimiste.

Il faut donner une grande force à la chaudière à vapeur ainsi qu'à ses tuyaux, afin qu'elle puisse résister, tant à la pression intérieure que le fluide élastique exerce contre ses parois, qu'à la pression extérieure de l'atmosphère, dont on ne sentirait que trop bien l'effet, s'il se formait un vide à l'intérieur par suite d'une condensation subite.

Pour une chaudière à vapeur de laboratoire, la forme cylindrique est aussi bonne que toute autre; mais lorsqu'il s'agit de mettre en jeu une machine, ou d'échauffer une habitation, on préfère la forme dite en coffre ou chariot couvert (wagon form) : elles sont plus généralement en fer, plutôt larges et peu profondes de l'avant à l'arrière qu'autrement, et l'on en expose au feu toute la partie inférieure jusqu'au niveau de l'eau. On a obtenu le plus grand effet en leur donnant une section horizontale de vingt-un pieds carrés. L'eau ne doit remplir la chaudière qu'à moitié, et l'on parvient facilement à ce résultat en employant les robinets à jauge, que nous avons décrits. Si tous deux donnent de l'eau, on laisse ouvert le robinet

supérieur jusqu'à ce que l'eau cesse de couler; si tous deux, au contraire, donnent de la vapeur, c'est que la chaudière manque d'eau : on tourne dès lors le robinet du tuyau de remplissage, en laissant ouvert le robinet à jauge supérieur. Pour les grandes chaudières des machines à vapeur, on emploie un appareil de remplissage muni d'un flotteur, que nous décrirons à l'article *chauffage des appartemens*. Mais un chimiste attentif connaîtra bientôt par expérience la marche de son fourneau et de sa chaudière; il devinera donc à peu près le temps où il sera nécessaire de remplir l'espace laissé par l'évaporation. Le tube de sûreté doit plonger dans la chaudière de telle sorte que son extrémité se trouve un peu au-dessous du niveau du bout plongeant de la jauge inférieure, c'est-à-dire à environ un quart de la hauteur de la chaudière au-dessus de son fond : alors, si l'opérateur oubliait de remplir sa chaudière, la vapeur s'élèverait bientôt par le tube de sûreté, et ne tarderait pas à l'avertir par son sifflement. Quelquefois on donne à l'extrémité supérieure de ce tube la forme d'un sifflet ou d'un tuyau d'orgue. Le bruit que la vapeur produit alors peut s'entendre à quelque distance.

Dans les appareils à vapeur de ce genre, la différence de niveau entre la surface de l'eau dans la chaudière et dans le tube de sûreté règle la température à laquelle la vapeur peut être fournie aux tuyaux et aux vases soumis à son action, ainsi que la pression qu'elle exerce contre les parois de ces tuyaux et celles de la chaudière, pression qu'on évalue *en livres avoir du poids*, par pouce carré de surface, mais quelquefois aussi, dans les hautes pressions par exemple, par le nombre d'atmosphères qui équivalent à 14.75 livres chacune. L'excès de cette pression sur celle que

l'atmosphère exerce à l'extérieur de l'appareil, le baromètre étant à trente pouces de hauteur, est la *puissance explosive*, qu'on évalue de même que la pression.

Généralement pour deux pieds et demi environ d'élévation du niveau de l'eau dans le tube de sûreté, on obtient une pression d'une livre par pouce carré en outre de la pression ordinaire (celle de l'atmosphère). La table suivante donne les rapports entre la pression et la température :

Pression par pouce carré de surface excédant la pression ordinaire de l'atmosphère (14.75), exprimée en livres avoir du poids.	Température de la vapeur, exprimée en degrés de Fahrenheit.
0.00	212
1.75	217
2.75	220
4.55	225
6.75	230
8.55	235
10.75	240
12.95	245
15.75	250
18.35	255
20.85	260
23.95	265
27.95	270
31.25	275
35.25	280
40.45	285
44.75	290
48.75	295
53.75	300
59.25	305
64.25	310

On a rarement besoin, dans les laboratoires, d'une force supérieure à celle de quatre livres au-dessus de la pression atmosphérique, c'est-à-dire qu'il suffit

d'une différence de niveau de dix pieds entre le coude du tube de sûreté et l'eau de la chaudière; en général même, on se contente d'une pression de deux livres et demie. La dépense augmente considérablement pour les pressions très-élevées, tant à cause des divers appareils qu'il faut employer pour faire entrer l'eau dans la chaudière, que pour mettre les ouvriers, les voisins et les bâtimens environnans à l'abri des explosions, qu'on a toujours à redouter lorsqu'on emploie de la vapeur à de très-hautes pressions. La société des apothicaires de Londres possède deux chaudières : l'une qu'on emploie à la pression de quatre livres par pouce carré, et l'autre à la pression énorme de cent livres. Cette dernière est employée à la préparation de l'éther sulfurique et de quelques extraits, qui cependant sont bien inférieurs à ceux que préparent les pharmaciens. Une température aussi élevée que celle qu'ils se procurent les dessèche presque tous.

Il y a plusieurs méthodes d'application de la vapeur:

1° Quelquefois on conduit la vapeur à travers un tuyau jusqu'au fond du liquide qu'on désire échauffer, ou dans le vase qui contient les matières qu'on doit soumettre à son action;

2° Ou bien elle passe entre la partie extérieure du vaisseau et une caisse de fonte qui le contient. Cette caisse est munie de deux robinets : l'un par où l'air s'échappe, l'autre, placé à sa partie inférieure, qui laisse s'écouler l'eau qui résulte de la condensation des vapeurs;

3° Ou bien enfin la vapeur circule dans des tuyaux placés au fond du vase qui contient le liquide à échauffer.

On n'applique immédiatement la vapeur au liquide, comme il est dit dans le premier cas, que lorsque

cette vapeur condensée ne peut avoir d'action nuisible sur le liquide. Il est une attention qu'il faut d'ailleurs avoir, et que nous devons signaler : c'est que dans ce mode d'application l'eau *paraît* bouillir bien avant d'avoir acquis la température nécessaire, de sorte qu'il faut toujours, avant d'employer le liquide, reconnaître sa température au moyen d'un thermomètre.

Il n'en est point de même des deux derniers modes d'application : l'eau ne montre alors aucun symptôme d'ébullition, sans bouillir effectivement ; ils offrent de plus l'avantage de pouvoir régler pendant un temps quelconque la température des liquides, pourvu que cette température soit comprise entre celle de l'atmosphère et celle de l'eau bouillante : il suffit pour cela d'adapter aux tuyaux particuliers qui conduisent la vapeur du tuyau principal aux différens vases, il suffit, disons-nous, d'adapter à ces tuyaux des robinets qui règlent l'admission de la vapeur, et n'en laissent passer que la quantité nécessaire pour produire la température requise.

Le bain de vapeur, de même que le bain d'eau dit bain-marie, a l'avantage de ne point brûler les matières mucilagineuses ou les sédimens qui s'amassent au fond des vases, et c'est un inconvénient qu'on évite très-difficilement en exposant les vases à un feu nu.

On voit, dans les essais de Parkes, qu'il a porté à l'ébullition vingt gallons d'eau contenus dans un vase de cuivre chauffé extérieurement, la première fois en onze minutes et la seconde fois en treize minutes ; mais il n'indique point la tension ni par conséquent la température de la vapeur : il attribue ces deux minutes de différence à ce que, dans le premier cas, il avait eu le soin de laisser de temps en temps évacuer l'eau qui

s'était formée par la condensation de la vapeur dans l'enveloppe, et il a remarqué que toutes les fois qu'il laissait cette eau y séjourner, l'ébullition du liquide en était retardée.

M. Taylor a annoncé qu'au moyen d'un serpentin de plomb, de deux cent quatre-vingts pieds de longueur et d'un pouce cinq huitièmes de diamètre à l'extérieur, plongeant dans une cuve de huit pieds de diamètre, contenant ordinairement huit *barrels* de *trempe* (wort.) (1) à son fond, c'est-à-dire lorsqu'elle n'était point tout-à-fait pleine, il a pu porter à l'ébullition dix *barrels* de trempe en quinze minutes, et même réduire en une heure ces dix barrels à six par évaporation, en introduisant dans son serpentin de la vapeur à la tension de quarante livres par pouce carré, ce qui équivaut à une température d'environ 285° de Fahrenheit.

Afin de ne perdre que le moins possible du calorique développé par la vapeur, on enveloppe de paille, qu'on recouvre de mortier, et l'on encaisse par de doubles murs, et les tuyaux à vapeur, et les baches en fer, et les tuyaux de conduite pour la vapeur condensée.

Le grand avantage d'un appareil à vapeur est la promptitude avec laquelle on porte l'eau à l'ébullition, en introduisant tout simplement la vapeur dans la bache; à quoi on peut ajouter qu'on évite la poussière et la saleté d'un feu ordinaire. Ces avantages sont balancés par la dépense première qu'entraînent la construction des appareils et celle du combustible, qui est toujours relativement assez considérable lorsque toute la vapeur produite n'est point employée.

---

(1) Voyez *fabrication de la bière*.

Aussi ce mode de chauffage n'est-il guère praticable, économiquement parlant, que dans les grandes teintureries, pour l'impression des étoffes, et dans les grands établissemens.

Dans les appareils à vapeur ordinaires, on pratique à l'extrémité du tuyau principal un robinet semblable à celui qui est situé à l'autre extrémité du côté de la chaudière; de même que celui-ci, ce robinet doit être construit de telle sorte, qu'il ne ferme jamais exactement le passage intérieur, et qu'un petit filet de vapeur puisse toujours le traverser. On ouvre ce robinet lorsqu'on introduit la vapeur dans le tuyau principal, afin que l'air qu'il contient et qu'elle chasse devant elle puisse s'échapper facilement, et on le referme aussitôt qu'elle passe elle-même au dehors. Chaque bache de fer doit être munie d'un robinet semblable et destiné au même usage, c'est-à-dire à évacuer l'air quand on introduit la vapeur, et à le laisser rentrer après l'opération. Il faut encore un second robinet, à travers lequel on fait écouler l'eau qui résulte de la condensation de la vapeur.

M. Bryan Donkin prit, en 1816, une patente ou brevet pour une nouvelle méthode d'application de la vapeur. Afin d'éviter les dangers auxquels on expose les ouvriers toutes les fois qu'on emploie de la vapeur à haute pression pour transmettre de la chaleur aux vases évaporatoires ou pour tout autre usage, M. Donkin n'élève la vapeur dans sa chaudière que de quelques degrés au-dessus du terme d'ébullition (212° de Fahrenheit); en cet état, il la fait passer dans un réceptacle placé entre la chaudière et le vase à échauffer; là, on augmente sa température, en appliquant à ce réceptacle un feu disposé en conséquence; ou bien encore on se contente de chauffer les tuyaux qui la

transmettent de la chaudière au vase. M. Donkin adapte encore des soupapes de sûreté au vase à échauffer, qu'on charge d'un poids convenable.

Un volume donné de vapeur prise à la température où elle se forme, portée ensuite à une température plus élevée, et à laquelle on permet de prendre de l'expansion, ne contient et ne peut contenir en effet que la quantité d'eau qu'elle avait d'abord; conséquemment, si cette vapeur ainsi dilatée est aussi dans des circonstances telles qu'elle puisse recevoir une nouvelle quantité d'eau, elle s'en emparera et la convertira en vapeur, qui aura une température inférieure; et si enfin elle n'est point comprimée, et qu'en même temps on lui fournisse une quantité de chaleur convenable, on aura, pour le résultat, de la vapeur à 212° Fahrenheit.

En s'appuyant sur ces faits, M. Donkin applique, immédiatement à la matière elle-même, de la vapeur à une température assez élevée, et qu'il a portée à cette température comme nous venons de le dire; et, afin de faciliter l'évaporation, il divise cette matière par des moyens mécaniques, de manière à exposer à l'action de cette vapeur, pour ainsi dire sèche, la plus grande surface possible.

De même que la chaleur du fourneau à pot de sable est employée aussi à échauffer le bain de sable qui y est annexé, les chimistes ont, dès l'enfance de la chimie, cherché à mettre à profit le calorique donné par la chaudière ou l'appareil distillatoire ordinaire.

Il paraît, d'après Vitruve, que les Anciens, dans leurs immenses établissements thermaux, échauffaient une grande quantité de chaudières avec un seul foyer, et faisaient passer l'eau de l'une dans l'autre. Mais les commentateurs n'ont pu s'accorder sur les moyens qu'ils employaient.

Matheolus, dans ses commentaires sur Dioscorides, publiés en 1548, nous a laissé, parmi les dessins de plusieurs fourneaux, celui d'un alambic qui se remplit aux dépens d'un réservoir, ou plutôt d'une chaudière placée à un niveau supérieur, et chauffée par la flamme et l'air échauffé qui passent par la cheminée. Mais malheureusement son dessinateur paraît avoir été plus curieux de donner de l'élégance à ses figures que de la correction et de l'exactitude. Le texte semble indiquer que le robinet adapté au tuyau qui met en communication l'alambic avec la chaudière doit être ouvert, pour permettre à la liqueur de descendre dans l'alambic remplacer celle que la chaleur vaporise.

On trouve, dans un grand nombre d'ouvrages de chimie, la description d'appareils à peu près semblables, pour échauffer l'eau, ou un liquide quelconque, au moyen d'une chaudière placée dans un massif de maçonnerie, à peu près comme notre bain de sable, et communiquant avec une autre chaudière par un tuyau à robinet; lorsque le liquide contenu dans l'alambic est à peu près vaporisé en totalité, on tourne ce robinet, et le liquide de la chaudière vient prendre sa place.

Dans quelques grandes brasseries, on a cherché à tirer parti de la chaleur qui s'échappe des couvercles des chaudières à cuire, soit en y fixant un tuyau qui va plonger dans une seconde chaudière voisine et échauffe le *mout* qu'elle contient, en y introduisant la vapeur dégagée de la décoction du houblon dans la première, soit en adaptant un rebord perpendiculaire à ces couvercles, de manière à former une espèce de réservoir, qu'ils appellent un dôme et une *baque* (a dome and baque), que quelques-uns écrivent *back*, mais à tort, puisque ce mot n'est autre chose qu'un diminutif du

mot français baquet. Quand la chaudière est vide, on laisse entrer l'eau qui s'est échauffée dans son couvercle, et l'on avance d'autant l'ébullition.

M. Moult avait pris, en 1815, un brevet pour un mode de transmission de calorique, non-seulement par les bains de sable, les bains d'eau ou bains-marie, mais encore des bains d'huile de lin, de mercure, d'huile de vitriol, et d'autres liquides ou substances entrant facilement en fusion. Il mettait le bain lui-même en communication avec l'appareil distillatoire, et tirait parti de la vapeur condensée, en la faisant retourner au bain.

Lorsqu'il employait l'huile de lin pour ses bains, il recueillait la portion qui s'en évaporait, et la faisait servir de nouveau jusqu'à ce qu'elle eût boulli suffisamment pour être employée par les peintres.

FOURNEAU DE FUSION, FOURNEAU DE FONDEUR (MELTING OR FOUNDER'S FURNACE).

Il est nécessaire d'avoir dans les laboratoires un fourneau pour fondre les métaux, et qui dispense de souffler. C'est le fourneau de fondeur (founder's furnace). Il a cela de désagréable, qu'il faut quelquefois près d'une heure pour qu'il ait atteint son maximum de puissance; mais, d'un autre côté, sa chaleur est plus continue que celle des fourneaux à courant d'air forcé (blast furnaces). Sa construction est extrêmement simple. La figure 10 représente ce fourneau à l'échelle d'un vingt-quatrième, c'est-à-dire d'un demi-pouce par pied.

Afin que l'opérateur puisse bien apercevoir ses creusets, la grille est placée à peu près au niveau du sol, la porte du cendrier *a* n'ayant guère que six pouces, ou, au plus, neuf pouces d'élévation. Elle est double, c'est-

à-dire qu'il y a une porte de chaque côté du fourneau, et qu'il n'y en a point sur le devant. Le foyer est ordinairement un prisme droit, la cavité intérieure *b* ayant neuf pouces de côté et vingt-quatre de profondeur. Deux rangs de briques sont simplement placés parallèlement, à neuf pouces environ de distance l'un de l'autre, pour former le devant et le derrière du cendrier. Au-dessus de ces rangs de briques, on place deux fortes barres de fer, destinées à soutenir les barres de la grille, et un autre rang disposé de manière à ne point gêner la dilatation de ces barres.

Deux autres barres de fer sont encore placées un peu au-dessus de la grille, pour soutenir les côtés du foyer, qu'on élève avec des briques capables de supporter l'action du feu. A l'arrière du fourneau, on laisse un passage *c* (a vent), de quatre pouces de hauteur sur sept de largeur, qui communique avec une cheminée particulière.

La grille se compose de quatre ou cinq barres d'un pouce d'équarrissage, qu'on approche ou qu'on éloigne plus ou moins, en augmentant ou diminuant le nombre de ces barres, selon le courant d'air qu'on veut avoir.

On a l'avantage, en ne fixant point les barres dans le fourneau, de pouvoir les remplacer, quand la chaleur les a trop altérées, sans démolir le foyer; et, en plaçant les entrées pour l'air sur les côtés du fourneau, l'opérateur a celui de ne point être exposé à la chaleur rayonnante lorsqu'il travaille.

Le charbon de bois est le meilleur combustible pour cette espèce de fourneau; si l'on emploie le coke, il ne tarde pas à former des scories qui bouchent le foyer, et dont il faut continuellement le débarrasser au moyen d'un ringard. On donne à ce ringard en fer environ

quatre pieds de long, et son extrémité est terminée en un biseau de trois pouces.

Chenevix a proposé de faire ce fourneau de trois pouces plus large au fond qu'au sommet : mais cette disposition n'est point nécessaire; car les creusets, étant plus étroits en bas qu'en haut, permettent au combustible enflammé de descendre.

Les fondeurs emploient ordinairement pour leurs fourneaux un cylindre de fonte, de quatorze pouces de diamètre intérieur et de huit pouces de hauteur, avec une ouverture suffisante pratiquée dans la base supérieure, qu'on fait communiquer avec la cheminée. Une fois placé, ils garnissent ce fourneau, à l'intérieur, d'une couche de deux pouces de la matière employée par les ouvriers qui polissent les miroirs. Ce résidu n'est autre chose que du sable fin mêlé avec quelques parcelles de verre que la chaleur fait agglutiner en une masse solide.

Le trou aux cendres (ash pit), situé ordinairement au-dessous du niveau du sol, est très-grand; il dépasse la base du fourneau, et est recouvert d'une grille sur laquelle l'ouvrier se place. Quelquefois même le foyer lui-même est enfoncé dans le sol jusqu'à son sommet; mais on ne préfère cette disposition que lorsque le fourneau doit recevoir des creusets d'une grande dimension et d'un grand poids, qu'on enlève alors de dessus le fourneau au moyen d'une *grue*.

FOURNEAU A VENT (AIR OR WIND FURNACE).

Le peu de hauteur du dernier fourneau le rend fort commode pour gouverner les creusets; mais lorsqu'une coupellation ou une calcination doit se faire au moyen d'une *moufle*, comme cette opération exige une at-

tention et une vigilance presque continues, il est nécessaire de placer la moufle dans le foyer, à peu près au niveau de la tête de l'opérateur; il faut donc donner une certaine hauteur au fourneau, et cette disposition n'est pas moins utile lorsqu'on a à distiller de très-petites quantités, tant parce qu'on est obligé, par conséquent, de placer la cornue ou retorte au-dessus de l'extrémité supérieure du feu, que pour pouvoir placer commodément les récipients.

Le quatrième fourneau de Glauber est donc celui qu'on devra préférer pour ces opérations. Ce fut la nécessité qui le lui fit trouver; car, comme il nous le dit ingénuement, l'argent lui manquait pour acheter un soufflet de forge, et il le remplaça par une cheminée très-élevée: c'est ce qui lui a fait donner le nom de fourneau à air ou à vent (air or wind furnace).

La figure 11 représente ce fourneau, à l'échelle d'un vingt-quatrième ou d'un demi-pouce pour pied. Le cendrier est un prisme creux de douze pouces en carré, formé par des murs de neuf pouces d'épaisseur et de trois pieds de hauteur. On pratique à un ou plusieurs des côtés du fourneau des ouvertures *a*, de six pouces en carré, fermées par des portes en fer; deux fortes barres de fer sont ensuite placées au sommet du cendrier, dans le sens de l'avant à l'arrière, et à environ six pouces l'une de l'autre; en travers de ces deux barres sont placées six autres barres de fer, d'un pouce d'équarrissage environ, d'un peu plus de onze pouces de long, dont les extrémités sont battues et aplaties de manière à maintenir ces barres à environ un pouce l'une de l'autre. On élève les murs du foyer de trois pieds au-dessus de la surface de la grille; il est toujours bien entendu que les briques qui forment le foyer sont de la meilleure qualité, et liées par de la terre

grasse de Windsor (Windsor loam) ou de l'argile apyre. Sur le front du fourneau on laisse deux ouvertures *b c*, l'une au-dessus de l'autre, de huit pouces de hauteur sur six de largeur; le bord inférieur de la plus basse doit se trouver de deux à trois pouces au-dessus de la grille, de telle sorte que si l'on place une brique sur cette grille, la partie inférieure du châssis de la porte et la surface de la brique soient au même niveau. C'est par cette ouverture *b* qu'on place dans le fourneau la moufle, la cornue ou le creuset; l'ouverture supérieure *c*, de la même grandeur que l'ouverture *b*, et placée à trois pouces environ au-dessus d'elle, sert à la fois à nourrir le feu et à surveiller l'opération.

Le fourneau se contracte à sa partie supérieure, comme on le voit dans la figure, et l'on ne donne plus que quatre pouces et demi d'épaisseur à ses murailles, qu'on élève aussi haut que le laboratoire le permet. On le ferme par le haut, et on laisse dans le mur de derrière une ouverture *d*, de quatre pouces sur neuf, ou de six pouces en carré, communiquant avec une cheminée.

Ce fourneau, comme les précédens, exige un fort courant d'air pour produire tout son effet. Lorsqu'on l'emploie à des calcinations ou à toute autre opération sous une moufle, une brique, dont les côtés sont coupés en biseau, est placée sur la grille, et intercepte plus ou moins le passage de l'air.

C'est sur cette brique qu'on place la moufle ou le petit four en terre, et l'on bouche le reste de l'ouverture inférieure avec des morceaux de brique et de la glaise. On ferme encore la bouche de la moufle par une brique mobile.

Lorsqu'on distille, on place une pièce de brique, creusée au sommet, dans le centre de la grille; cette

pièce, qu'on appelle une *tourte* ou un *fromage*, est destinée à élever la cornue, dont le col passe par l'ouverture inférieure. L'espace qui reste est bouché par des briques et de la glaise.

Comme ce fourneau, par la dimension de la porte de son foyer, admet facilement les creusets, il est plus employé que le précédent par les droguistes, et leur tient lieu de fourneau de fusion. Bien que, construit comme on le voit ordinairement, il ne donne point un très-haut degré de chaleur, il est suffisant dans bien des cas, et peut d'ailleurs servir à plusieurs usages différens.

La figure 12 représente l'élévation d'un fourneau de ce genre, à l'échelle d'un vingt-quatrième, c'est-à-dire d'un demi-pouce pour pied, tel que Boerhaave le fit construire. On place ce fourneau sur une paillasse élevée de trois pieds au-dessus du sol; on voit qu'il est circulaire; son diamètre intérieur est de douze pouces, et ses murs ont cinq pouces d'épaisseur. Le cendrier, qui a environ six pouces de hauteur, est fermé par une porte en fer; les murs s'élèvent de deux rangs de briques, c'est-à-dire de six pouces au-dessus de la grille *b;* la partie supérieure se contracte, et la cavité intérieure prend la forme d'un paraboloïde. A quatorze pouces au-dessus de la grille du foyer se trouve l'ouverture circulaire *e*, de trois pouces de diamètre, surmontée d'une courte cheminée de deux pieds de hauteur seulement, ayant un tuyau circulaire *d* de même diamètre que l'ouverture *e;* cette petite cheminée est en communication avec la cheminée principale du laboratoire; on voit assez qu'il n'y a de place que pour une porte *c* de cinq pouces de largeur et six de hauteur, au-dessus de laquelle on pratique une ouverture conique d'un pouce de diamètre à l'intérieur

du fourneau et plus large à l'extérieur; cette ouverture, qui sert à voir ce qui se passe à l'intérieur du fourneau, est fermée par une petite plaque.

Ce fourneau, à la vérité, est beaucoup plus petit que les fourneaux ordinaires, et ne peut être construit que par un ouvrier habile ; mais il a une puissance considérable.

Il faut avoir soin, lorsqu'on se sert d'une moufle ou d'une cornue, et qu'on bouche la porte du foyer, comme nous l'avons indiqué, de laisser un passage assez large pour pouvoir nourrir le feu. Nous conseillerons en outre de remplacer la porte du cendrier, placée en avant du fourneau, par deux ouvertures pratiquées dans chacun des flancs.

M. Beaumé, au lieu de resserrer le fourneau à sa partie supérieure, élève des murs droits jusqu'à la hauteur de quinze pieds au-dessus de la grille. Son fourneau a treize pouces de l'avant à l'arrière, et dix pouces d'un flanc à l'autre et à l'intérieur; son cendrier est ouvert de tous les côtés pour faciliter, autant que possible, l'accès de l'air : il prétend avoir produit dans ce fourneau la plus grande chaleur donnée par un fourneau quelconque.

RÉVERBÈRE DE BOERHAAVE (BOERHAAVE'S REVERBERATORY).

Un laboratoire de chimie doit être muni d'un fourneau particulier pour distiller les acides minéraux, tels que le sel marin, le nitre, l'alun, le vitriol, ou pour toute autre distillation qui demande un haut degré de chaleur.

Après quelques essais, Boerhaave a trouvé et regardé comme très-propre à ces opérations le fourneau

(figure 13) réduit à un vingt-quatrième, c'est-à-dire à l'échelle d'un demi-pouce pour pied.

Sur le plancher du laboratoire, et au-dessous de la cheminée, élevez un parallélipipède rectangle de trente pouces de face *ac* et de quarante pouces de longueur, de *a* en *b*; donnez à la cavité intérieure douze pouces de largeur sur le front et vingt-deux pouces dans l'autre sens, c'est-à-dire que le mur a l'épaisseur d'une brique ou de neuf pouces environ; élevez le parallélipipède de onze pouces, en laissant dans le milieu du front un espace *d* pour une porte, qui a onze pouces de hauteur et quatre pouces de largeur; cette ouverture sert à la fois de porte pour le cendrier et d'entrée pour l'air. Au lieu d'une grille d'une seule pièce, prenez des barres prismatiques à trois pans, d'un pouce de largeur et de quatorze pouces de longueur, que vous placerez à un pouce de distance l'une de l'autre parallèlement à la largeur du cendrier, et que vous ferez porter par deux barres de fer fortes; élevez alors les murs de quinze autres pouces.

Laissez au-dessus de la porte du cendrier, dans le mur de devant, un espace *e* pour la porte du foyer, qui aura sept pouces de largeur et neuf pouces de hauteur, et fermez cette ouverture par une porte en fer, dont la limite inférieure se trouvera de trois pouces plus élevée que la limite supérieure du cendrier.

Dans le milieu de l'un des longs côtés se trouve une ouverture en voûte *f*, dont la limite inférieure est élevée de dix pouces au-dessus de la grille; elle a vingt pouces de longueur et douze pouces dans sa plus grande hauteur.

C'est par cette ouverture qu'on place ou qu'on enlève les vases à distiller; sur la face intérieure et opposée, à neuf pouces au-dessus de la grille, on a laissé une

saillie d'un pouce et demi pour soutenir les vases distillatoires; et dans le milieu de cette même muraille on a pratiqué un trou carré, large de trois pouces et de deux pouces de hauteur, qui communique avec la cheminée.

Le fourneau est alors recouvert par une voûte, dans le sens de l'avant à l'arrière, dont la plus grande hauteur est de vingt-un pouces au-dessus de la grille.

Quand on emploie ce fourneau pour la distillation, on se sert de deux retortes cylindriques en terre ou en fonte, dont les cols ont cinq pouces de longueur et trois pouces et demi de diamètre. On les place horizontalement, et parallèlement l'une à l'autre, de manière que leurs fonds reposent sur la saillie, leurs orifices braqués du côté de l'ouverture *f*, qu'on ferme alors hermétiquement avec des briques et de la glaise; le col des retortes passant à travers cette maçonnerie, on y adapte des alonges, dont les extrémités se rendent dans des récipiens; l'opération peut alors commencer. Les récipiens doivent avoir une forme à peu près conique : car, comme on ne peut guère incliner les cylindres, des récipiens sphériques de la même capacité que des récipiens coniques seraient assez incommodes.

Ce fourneau donne une chaleur surprenante; il est de durée et facile à gouverner; il concentre toute la force du feu sur l'appareil distillatoire, qu'on peut d'ailleurs régler au moyen du cendrier. Le savant professeur nous apprend qu'en essayant des cylindres de fonte pour distiller du phosphore de l'urine, ils se fondirent avant qu'il eût pu penser que le phosphore commençât à s'élever. On peut juger par ce fait de la chaleur que procure ce fourneau lorsqu'on emploie le charbon de bois comme combustible.

Les fourneaux construits sur le même principe que le réverbère de Boerhaave, sont aujourd'hui d'un usage journalier, ainsi que nous le verrons dans quelques autres parties de l'ouvrage. On les emploie dans la préparation des acides nitrique, muriatique, pyroligneux, du charbon pour la poudre à tirer, du gaz pour l'éclairage, etc., etc.

RÉVERBÈRE A CHAMBRE (REVERBERATORY FURNACE WITH A SIDE CHAMBER).

On a long-temps employé, dans les pays à mines, un fourneau à réverbère muni d'une chambre sur le côté. Cramer, le préparateur de Boerhaave, est le premier qui essaya d'en faire usage dans un laboratoire général; il nous en a laissé la description dans les *Elementa artis docimasticæ*, qu'il publia comme supplément aux *Elementa chimiæ* de son maître. Mais comme il annexa à ce fourneau une tour (a tower furnace), un pot de sable, un bain-marie, etc., etc., la construction en est passablement compliquée; et, quoiqu'elle se trouve décrite dans quelques ouvrages anglais, j'ai tout lieu de croire que pareil fourneau n'a jamais été construit en Angleterre : c'est un véritable joujou hollandais, qu'un chimiste serait obligé de construire lui-même; car certes ni maçon ni ouvrier ordinaire n'en comprendrait la construction.

Le Dr Bryan Higgins, en rejetant les additions de Cramer, a beaucoup simplifié ce fourneau. J'ai donné, dans mes *Élémens de pharmacie*, la description de son grand fourneau. Je ferai connaître un petit fourneau du même genre, qu'il avait fait construire dans son laboratoire pendant que j'étais son préparateur.

La figure 14 est la perspective de ce fourneau : il a quatre pieds deux pouces de largeur, deux pieds trois

pouces de l'avant à l'arrière, et quatre pieds neuf pouces de hauteur; la figure 15 est une élévation du front; la figure 16 est la projection horizontale du fourneau. Le tout est réduit à l'échelle d'un vingt-quatrième, c'est-à-dire d'un demi-pouce pour pied.

Le cendrier *e* et le foyer *f* sont deux cavités prismatiques de neuf pouces en carré; les murs ont neuf pouces d'épaisseur; la porte du cendrier est au niveau du sol; elle a six pouces en carré; en *b* est un regard de neuf pouces de largeur et quatre pouces de hauteur, immédiatement au-dessus de la grille, qui elle-même est élevée d'un pied neuf pouces au-dessus du sol. Au-dessus de ce regard est le gueulard *c*, qui a cinq pouces de largeur et quatre de hauteur; il est muni d'une saillie en pelle (slab) *g*; cette saillie, en fonte, a dix pouces environ en carré; elle soutient le même charbon qui sert à boucher le gueulard. Toutes ces ouvertures peuvent se trouver indifféremment sur le front ou sur l'un des flancs du fourneau. La chambre *h* est séparée du foyer par un mur d'une demi-brique, c'est-à-dire de quatre pouces et demi d'épaisseur, percé au sommet de trous de deux pouces en carré *i i*, disposés en échiquier, et destinés à laisser passer dans la chambre la flamme et l'air échauffé.

Sa base a dix-huit pouces en carré, et s'élève de deux pieds au-dessus du sol. Les murs de l'avant et de l'arrière ont quatre pouces et demi d'épaisseur; la seule partie opposée au foyer a une brique entière d'épaisseur, c'est-à-dire neuf pouces; on pratique sur le devant une ouverture *d* de quinze pouces de hauteur, large de douze; sa limite inférieure est située à deux pieds et demi au-dessus du sol, et on garnit l'intérieur d'un châssis en barres de fer plates. Dans le mur de côté de la chambre, situé de l'autre côté du foyer, on

laisse un canal *m*, dans lequel on perce des trous *k k k* (vent holes) égaux en nombre et en étendue à ceux *i i*, qui portent la flamme dans la chambre. Ce canal ouvre dans la cheminée.

Lorsqu'on emploie des retortes dans ce fourneau, on forme avec des briques une tourte dans l'intérieur de la chambre, pour les supporter, et la grande ouverture *d*, par laquelle on les introduit, est ensuite bouchée avec des morceaux de brique qu'on lie par de l'argile, ou simplement par des cendres humides si l'on n'a pas besoin d'une haute température.

Toutes les fois que la substance qu'on distille est apte à mousser par l'effet de la chaleur, on applique le feu de haut en bas. Alors, après avoir placé la retorte sur son *fromage*, on emplit la chambre de sable jusqu'au niveau de la substance dans la retorte, et en bouchant la grande ouverture, on a le soin de laisser un trou à chaque coin inférieur. On introduit le feu; la distillation commence; on retire alors le sable petit à petit, et par ces trous, au moyen d'un instrument de fer. La retorte se découvre ainsi, à mesure que la distillation s'avance, et les vapeurs n'ont point à traverser une masse de matières froides.

On peut placer dans ce fourneau des creusets, des moufles, des vases à calciner, etc. sur un faux plancher de briques, comme nous l'avons indiqué, et en ayant soin de laisser une ou deux ouvertures, soit pour retirer les essais, soit pour voir comment les choses se passent à l'intérieur lorsqu'il sera nécessaire.

Malgré sa grande utilité, on ne trouve que rarement ce fourneau dans les laboratoires: espérons que peu à peu on reconnaîtra ses avantages, et que le temps n'est pas éloigné où il deviendra d'un usage journalier.

Quelques variétés de ce fourneau sont employées

pour le rôtissage et la fusion des minerais, ainsi que pour la calcination et la préparation du carbonate de soude impur (kelp) et d'autres sels.

FOUR EN VOUTE, FOUR DE BOULANGER (VAULTED OVEN).

Le four en voûte, dont se servent principalement les boulangers, diffère des autres fourneaux, en ce qu'on en retire le feu, lorsqu'on veut en faire usage, les opérations se faisant alors au moyen de la chaleur rayonnante de la masse de maçonnerie, qu'on a préalablement échauffée.

La figure 17 représente une section verticale du four de boulanger, tel qu'il a été perfectionné par M. Losh, qui y ajoute une grille, un cendrier, et une entrée pour l'air (entrance for air). La figure 18 est une section horizontale de ce four : on voit en *a* les barres sur lesquelles repose le combustible; *b* en est le cendrier, et l'entrée pour l'air; *c* la porte du cendrier, qui ferme tout accès à l'air extérieur, quand le four est suffisamment échauffé, mais qu'on laisse ouverte pendant qu'on le chauffe; *d d* la base ou *paillasse* du four; *e* la porte intérieure par laquelle on introduit le combustible et par où l'air échauffé s'échappe, après avoir agi sur le fond, sur les côtés et sur la voûte du four. Cette porte demeure ouverte pendant la chauffe, et on la ferme aussitôt qu'on a introduit le pain; *f* est une porte extérieure par laquelle on introduit aussi le combustible, mais qu'on a le soin de fermer pendant la plus grande partie du temps employé à la chauffe, afin d'exciter un plus grand courant d'air.

Un four en briques de cinq pieds de diamètre, construit sur ce principe, acquit en une heure et un quart une chaleur suffisante pour cuire le pain avec quatre *pecks*

de menu charbon, tandis qu'il fallut cinq heures pour échauffer un four ordinaire de trois pieds six pouces de diamètre seulement, en le tenant constamment plein de bois enflammé et de gros charbon. Afin d'augmenter la capacité du four, on peut suspendre à son intérieur, aussitôt qu'il n'y aurait plus de feu, une plaque de fer sur laquelle on placerait, par exemple, les viandes qu'on pourrait y faire cuire.

Nous ne pouvons que recommander ce modèle de four aux boulangers français, dont en général les fours sont défectueux sous bien des rapports. S'ils voulaient consentir à remplacer l'énorme quantité de bois qu'ils consomment en pure perte, par la houille carbonisée ou coke, l'économie qui résulterait les indemniseraient bientôt des frais de construction. Il n'est pas inutile de rappeler ici que 1 f. 80 de coke produisent une chaleur presque *double* de celle qu'on obtient par 3 f. 50 de bois, et que d'ailleurs le coke ne donne ni fumée ni odeur.

FOUR DU PATISSIER (CONFECTIONNER'S OVEN).

La préférence qu'on accorde toujours en Angleterre au fer sur la brique pour la construction des cheminées et des fourneaux, fondée sur ce que les briques se fendillent et ont moins bonne apparence, a conduit à essayer le four en fer du pâtissier pour la cuisson du pain; mais ces essais n'ont qu'imparfaitement réussi et laissent peu d'espoir pour l'avenir. Le feu communique trop vite sa chaleur; il en résulte qu'il ne pénètre point les matières qu'on soumet à son action dans les fours en fer. Il arrive presque toujours que la surface extérieure a acquis le degré de cuisson convenable, avant que l'intérieur ait pu ressentir la force de la chaleur rayonnante.

La meilleure construction du four, dit de pâtissier, lorsqu'il est destiné à remplacer un four en voûte de maçonnerie, est sans contredit celle qu'a décrite Sylvester dans ses *Principes d'économie domestique*, et qu'on connaît sous le nom de rôtissoir de Sylvester (Sylvester's-roaster); on a adopté l'usage de ce rôtissoir dans quelques prisons et établissemens de charité pour cuire la viande et le pain des prisonniers et des pauvres; on l'emploie aussi dans les petites villes de campagne qui n'ont point de boulanger et en général partout où la nécessité ou l'économie forcent à se contenter du *bien*, faute de pouvoir se procurer le *mieux*.

La figure 19 représente une section verticale du rôtissoir de M. Sylvester, ou four en fer; la figure 20 en est la section horizontale. Le tout est réduit à l'échelle d'un vingt-quatrième ou d'un demi-pouce pour pied.

Il se compose d'un cendrier *a*, avec un foyer *b* construit comme à l'ordinaire. Afin d'empêcher que l'action du feu ne se fasse trop sentir sur la partie inférieure du four, on établit au sommet du foyer un massif formé de quatre ou cinq rangs de briques *c*, c'est-à-dire de douze à quinze pouces d'épaisseur; *d d* sont deux conduits partant de la partie supérieure du foyer, qui s'élèvent en divergeant, et passent de chaque côté et à l'arrière du rôtissoir proprement dit (voyez la projection horizontale). Le rôtissoir *e* est en fonte: c'est à peu près un cube dont la face antérieure est ouverte; il repose sur des briques *f* placées de champ sur le massif qui recouvre le foyer, et elles laissent un intervalle entre elles et le mur de devant de l'appareil. La chambre *g* qui contient le rôtissoir que, chimiquement parlant, on peut assimiler à une moufle, est de quelques pouces plus large, plus profonde et plus haute que le rôtissoir, de sorte que la flamme et l'air échauffé

qui s'élèvent du foyer par les conduits latéraux *d*, passent derrière le rôtissoir, en enveloppent les flancs, s'élèvent au-dessus de sa partie supérieure, avant de pouvoir arriver au passage *h*, pratiqué à la partie inférieure, qui les conduit à la cheminée. Au moyen de cette construction c'est le fond du rôtissoir qui est le moins échauffé.

On le ferme en avant par une porte de bois bien épaisse *i*, doublée en tôle. Entre la tôle et le bois est une bonne couche de glaise, qui empêche la porte de se déformer par l'action de la chaleur. Enfin, sur un des côtés de la porte et à sa face intérieure on creuse de haut en bas une gouttière, et la plaque de tôle qui la recouvre est percée de deux trous, l'un en bas et l'autre en haut, pour les usages suivans.

Afin d'introduire un courant d'air chaud dans le rôtissoir, ce qui est indispensable pour brunir la viande et faire une croûte au pain, un tuyau de fer *k*, ouvrant d'un côté du fourneau, traverse le vide laissé sous le rôtissoir, et s'y courbe deux fois pour retourner se joindre de l'autre côté du fourneau au trou inférieur pratiqué dans la tôle de la porte, un autre tuyau *l* s'élève du milieu de la partie postérieure du rôtissoir dans la cheminée, un peu au-dessus de son sommet, et même au-dessus du modérateur *m*, si l'on juge à propos d'en adapter un à la cheminée.

Il est maintenant facile de comprendre l'usage du tuyau *k* et du reste de l'appareil. Le courant d'air, qui entre en *k*, s'échauffe considérablement en traversant le tuyau qui, lui-même, est exposé à l'action de la flamme et de l'air échauffé qui passent dessous le rôtissoir. Ce courant d'air gagne bientôt la partie inférieure de la gouttière creusée dans la porte; il s'élève dans cette gouttière, passe par le trou supérieur, en-

tre dans le rôtissoir, le traverse diagonalement pour arriver à la partie inférieure du tuyau *l*, par lequel il s'échappe dans la cheminée avec les vapeurs qui peuvent se former dans le rôtissoir.

Outre le modérateur *m*, qu'on adapte presque toujours aux cheminées, les espaces laissés à l'entour du rôtissoir sont munis de *racles*, dont les manches de fer traversent la muraille antérieure du fourneau. Quand on ne se sert point de ces racles, leurs plaques demeurent appliquées contre la muraille postérieure du fourneau; mais, en tirant les manches à soi, on ramasse la suie qui a pu se former dans les conduits, et on la retire par des ouvertures pratiquées exprès, et qu'on a soin de bien boucher lorsque le fourneau est en action.

ÉTUVE OU SÉCHOIR DE FIELD (FIELD'S DRYING STOVE).

Dans une multitude d'opérations chimiques il est nécessaire d'appliquer un courant d'air chaud à certains objets pour les sécher. Il existe un bon nombre d'appareils qui mènent à ce résultat; mais je n'en connais aucun qu'on puisse préférer à celui qu'employa, d'abord, M. Field pour obtenir la dessiccation de certaines couleurs. Son premier essai était assez compliqué; mais il simplifia depuis son appareil d'une manière surprenante, et la description qu'il en envoya à la Société des Arts, et qui fut insérée dans le trente-quatrième volume de ses *Transactions*, lui valut une médaille d'or.

Le courant d'air de ce séchoir est tel, que la menue houille qui le chauffe ne laisse presque point de résidu, et cependant l'action de l'air échauffé est si bien réglée, qu'il ne produit jamais à l'intérieur une chaleur trop forte ni trop subite. Le principe d'après lequel

il est construit est facilement applicable au chauffage et à l'aérage des habitations, soit qu'on se serve d'un foyer ouvert ou fermé, et M. Field parvint, en l'employant, à rendre très-chaudes et très-agréables deux chambres excessivement froides. La chaleur et la raréfaction de l'air produite par l'arche de fer placée au-dessus du feu, le fait passer librement à travers le ventilateur, jusque dans la chambre, et lui communique une chaleur très-saine. La fumée du combustible passe en arrière du foyer et s'élève dans la cheminée.

La figure 21 est une vue perspective de l'étuve, montrant une section verticale faite dans le conduit qui sépare les deux buffets; l'un de ces buffets est ouvert. Les trois étages du fond 1. 2. 3. sont séparés, pour qu'on saisisse mieux leurs formes et leurs usages.

A, le cendrier au premier étage, fournit de l'air au foyer *a* du second étage, dont le conduit à fumée poursuit son cours (qu'on nous passe l'expression), au-dessus du courant d'air de l'étage inférieur, et au-dessous du courant d'air de l'étage supérieur 3, qu'il échauffe ainsi de plus en plus; il s'élève ensuite, à travers les coins postérieurs *a a* du troisième étage, jusqu'au plancher de fer *c c* des deux buffets, où ces courants de droite et de gauche se réunissent en un conduit plat et étroit qui s'étend de l'avant à l'arrière entre les buffets, et qui contient encore une chicane *d*, qui renvoie la fumée d'abord à l'avant, puis à l'arrière, avant de lui permettre de s'élever par la cheminée *e*. Chaque étage est séparé de l'étage supérieur par des plaques en fonte dans lesquelles on pratique les ouvertures nécessaires. Voilà pour la fumée, dont le cours est marqué dans tous les étages par des *a*.

b b b sont les courants d'air, qu'on peut suivre facilement sur la figure, et dont les flèches indiquent

suffisamment la marche. On les voit partir de l'étage inférieur à droite et à gauche, se réunir en un seul courant derrière le foyer au second étage, passer de là dans le troisième, où ils se divisent en deux parties qui passent l'une à droite, l'autre à gauche ; ils serpentent, reviennent sur eux-mêmes, se rejoignent au-dessus du foyer enfin toujours au même étage, et passent par *f*, dans les buffets de droite et de gauche, considérablement échauffés. (Voyez la disposition de ces buffets *g g*, figure 24). Dans chacun d'eux ils continuent leurs courses en zig-zag entre les planches de fer qu'on aperçoit dans le buffet ouvert ; enfin, ils se rejoignent en *h*, et s'échappent dans la cheminée par le registre *i*.

La figure 22 est une section de la chambre de gauche. On voit le courant d'air échauffé qui le traverse en entrant à sa partie inférieure, et s'échappant au sommet. La figure 23 montre comment les planches de fer sont disposées alternativement à l'intérieur des buffets, l'une en avant et sur la droite, l'autre en arrière et sur la gauche ; elles sont supportées par des barres de fer *k*, qu'on laisse entre chaque rang de briques. La figure 24 est une perspective de l'ensemble de l'appareil : *a* est le cendrier ; *b b*, les entrées du courant d'air ; *i*, le registre qui est ouvert ; *g g*, les portes des buffets qui sont fermées ; *h*, le sommet des conduits.

FOURNEAUX A TIRAGE RENVERSÉ (FURNACES DRAWING DOWNWARDS).

M. Watts mettant à profit les idées développées par le Dr Leutmann, dans son *Vulcanus famulans*, inventa une espèce de fourneaux et de cheminées dans lesquels il force la flamme et la fumée du combustible fraîchement jeté, de traverser avant de gagner la che-

minée, et avec un courant d'air frais, de traverser, disons-nous, et d'envelopper de presque tous les côtés le combustible qui a déja cessé de fumer, et qui est converti en coke, charbon de bois, ou en cendres, et qui conserve une chaleur très-intense. Cette fumée et les parties les plus grossières de la flamme mises en contact de cette manière avec un combustible qui développe encore tant de chaleur, se consument complètement au moyen du courant d'air qui passe avec elles, et augmentent encore la chaleur par leur conversion en flamme pure exempte de fumée.

La méthode consiste à ne laisser de passage à la cheminée ou aux conduits que les interstices du combustible, et à placer le combustible frais au-dessus de celui qui a servi, où il se trouve plus exposé à l'action de l'air extérieur que celui qui est déja converti en coke ou en charbon. Elle consiste encore à construire les foyers de telle sorte, que la flamme et l'air qui sert à la combustion se dirigent en bas, ou latéralement, ou horizontalement à travers les charbons incandescents pour arriver aux conduits de la cheminée.

Quelquefois, après que la flamme a passé au travers du combustible enflammé, elle traverse encore une espèce d'entonnoir très-chaud, un conduit, un four, avant d'arriver au fond de la chaudière ou à la partie du fourneau où elle est destinée a fondre un métal, etc., etc.; par ce moyen la fumée est encore plus sûrement consumée: quelquefois, enfin, la flamme passe immédiatement du foyer dans l'espace laissé sous la chaudière.

La figure 25 montre la section d'une chaudière à vapeur, de son fourneau et de son foyer, que nous prendrons pour exemple d'application de cette nouvelle méthode au chauffage et à l'évaporation de l'eau;

la figure est réduite à un quarante-huitième, c'est-à-dire à un quart de pouce par pied : *a* est la chaudière, dont la forme dépend entièrement de l'usage auquel on la destine; *b* est l'espace vide qu'on laisse autour de la chaudière, et dont nous avons vu plusieurs exemples; *c* est un support et en même temps un passage qui met en communication le dessous de la chaudière avec les espaces *b b*; *d* est une espèce d'entonnoir ou conduit pour laisser arriver la flamme du foyer à la chaudière; *e* est le lieu où l'on reçoit les cendres, et *f*, la porte par laquelle on les retire (fig. 27), et qui doit être constamment fermée pendant que le fourneau est en action; *g h* (fig. 25) est le foyer. Le charbon neuf se place en *g*, et s'abaisse à mesure que le combustible qu'il recouvre s'épuise; la partie *h*, qui ne contient que le coke et les charbons qui ont cessé de fumer, est extrêmement chaude; *i* est une ouverture ou plusieurs ouvertures (fig. 27), qui laissent passer l'air frais, et règlent ainsi le feu; *k* est la porte qui ouvre dans les espaces vides laissés en dessous et autour de la chaudière. Elle laisse entrer l'air frais et arrête le tirage de la cheminée quand on veut faire cesser l'opération.

La figure 26 est une section du même foyer dans l'autre direction: *m* est le derrière du foyer; *l*, la voûte en briques sur laquelle repose le combustible; *e* est le cendrier.

La figure 27 est une vue intérieure du même foyer montrant les passages pour l'air *i i*, et la porte du cendrier *f*. La figure 28 est le plan qui lui correspond, on voit en partie l'assise de la chaudière. Les lignes ponctuées indiquent les conduits qui l'entourent.

On allume le feu au-dessus de la voûte en briques

(fig. 26), et quand il est bien pris on ajoute du combustible jusqu'en *g*, en ayant soin de laisser des interstices dans le combustible inférieur pour le passage de l'air, ou entre lui et le mur de devant *n*. On laisse entrer par *i*, autant d'air qu'on le peut pour ne point permettre à la fumée de s'élever perpendiculairement en *g*; ce qui ne manquerait point d'arriver si l'on en laissait passer une trop grande quantité en *i*. Les dimensions de ce fourneau sont calculées pour ne brûler que quatre-vingt-quatre livres de charbon par heure. Selon qu'on en doit brûler plus ou moins, on agrandit ou l'on diminue l'appareil; mais, en général, on préfère construire deux fourneaux, plutôt que d'augmenter les dimensions de celui-ci.

La figure 29 représente cette nouvelle construction appliquée à la fusion du fer et d'autres métaux, et dont on a retranché l'entonnoir ou conduit perpendiculaire *d* de la figure 25.

Le foyer *g h* a, comme on le voit, une certaine inclinaison : on lui donne, quelquefois, une autre forme et d'autres proportions. Mais, dans tous les cas, le principe est le même, le combustible neuf est en communication avec l'air extérieur, de sorte que la fumée et la flamme passent au-dessus ou au travers du combustible carbonisé. De temps en temps il arrive qu'on ferme l'ouverture *g*, et l'air entre ou seulement ou principalement par le passage *i*.

Il est quelques cas où l'on préfère placer le combustible neuf sur une grille, comme à l'ordinaire, en *a* (figure 30), et au-delà de cette grille, près de l'endroit où passe la flamme pour se rendre dans les conduits qui entourent la chaudière ou dans les cheminées, on adapte une autre petite grille *b*, sur laquelle on place du charbon de bois, du coke ou de

la houille qui a cessé de fumer. Ce feu qui produit une chaleur intense, consume la fumée au moyen d'un courant d'air qu'on lui ménage.

DE LA FORGE (THE FORGE).

On confond ordinairement la forge et le fourneau à courant d'air forcé (the forge and blast furnace); cependant ils diffèrent essentiellement.

La vraie forge du chimiste est représentée dans la figure 31, réduite à l'échelle d'un demi-pouce pour pied, ou d'un vingt-quatrième. Elle se compose d'un massif de briques *a*, de trois pieds en carré, et de deux pieds de hauteur, dont la partie postérieure se termine par un mur *b*, d'une demi-brique d'épaisseur, et qui s'élève de dix-huit pouces environ au-dessus du massif.

A la partie supérieure du massif, à côté du mur de briques, est un trou *c*, de douze pouces en carré, et de six pouces de profondeur. Un canal *d*, de deux pouces en carré, s'ouvre dans le milieu du trou, traverse le massif en s'inclinant, et débouche, en *d*, à trois pouces au-dessus du sol.

Dans le mur de derrière *b*, on a pratiqué une longue fente *e*, d'une largeur suffisante pour admettre la tuyère du soufflet, et assez haute pour qu'on lui puisse donner différentes inclinaisons, soit qu'on veuille souffler horizontalement, de bas en haut, ou de haut en bas.

Généralement on emplit le trou *c* de briques, et l'on dirige le vent horizontalement, afin qu'il rase la partie *a*. Lorsqu'on emploie le *caking-coal*, on a le soin de conserver un large gâteau, dont on forme une voûte, qui réverbère la chaleur, et l'on favorise même l'agglutination en jetant de l'eau sur le charbon.

On se sert, quelquefois, de la forge pour fondre au creuset; mais alors on emploie deux creusets qu'on assied sur un morceau de brique d'un pouce de hauteur environ, et qu'on dispose de manière à ce que le vent de la tuyère passe entre les deux; à quelque distance on forme un demi-cercle avec des briques pour concentrer la chaleur.

Dans quelques opérations sur les métaux on remplit le trou *c* d'un mélange d'argile humide et de charbon de bois en poudre dans lequel on ménage une cavité hémisphérique de huit pouces de diamètre environ. On fait sécher ce mélange en allumant un petit feu dans la cavité, et quand il est suffisamment échauffé, on y place le minerai ou le métal. L'opération terminée, on enlève la matière, ou on la laisse refroidir dans la cavité; ou bien encore, au moyen d'une tige de fer, on perce dans le fond un trou qui communique avec l'ouverture du canal *d*, et le métal en fusion descend alors par ce canal dans un vase placé à son extrémité inférieure, au devant de la forge. Quand on opère de cette manière, il faut donner à la tuyère une inclinaison du haut en bas. Plus cette inclinaison est grande, plus la chaleur est forte. On emploie fréquemment la forge, lorsqu'on est un peu pressé, et on la préfère avec raison à tout fourneau fermé, lorsque les matériaux n'exigent point de rester long-temps au feu et qu'on les remplace souvent. D'ailleurs elle doit être placée au-dessous d'une hotte ou d'une cheminée.

FOURNEAU A COURANT D'AIR FORCÉ (BLAST FURNACE).

Le fourneau à courant d'air forcé a cela de commun avec la forge, que l'air lui parvient au moyen d'un double soufflet; mais il a de plus qu'elle une grille ou une plaque percée de trous servant au même usage.

On voit ce fourneau dans la figure 32, à l'échelle d'un vingt-quatrième ou d'un demi-pouce par pied. C'est un cube *a* de deux pieds et un quart d'arête. Les murs ayant une brique entière d'épaisseur, la cavité intérieure *b* pour le foyer n'a plus que neuf pouces en carré; mais, ce qui vaut mieux encore, on lui donne une forme circulaire d'environ dix pouces de diamètre, et on n'élève le foyer que d'un seul rang de briques, c'est à-dire d'environ trois pouces au-dessus du sol. On donne ordinairement au fourneau circulaire un *ventre* vers le milieu de sa hauteur, afin de laisser plus de place au creuset.

Ce fourneau a deux ouvertures inférieures: la première *d*, de trois pouces en carré, qu'on ferme au moyen d'une brique taillée; l'autre *e* sur le côté du fourneau, à six pouces au-dessus du sol et qui reçoit la tuyère du soufflet. Avant de mettre le fourneau en œuvre, on y descend par la bouche un trépied en fer de huit pouces de hauteur, sur lequel on place, si le foyer est circulaire, une plaque de fonte percée avec un double cercle de trous ronds d'un pouce de diamètre; et, s'il est quadrangulaire, une grille dont les barres d'un pouce d'équarrissage seront écartées d'un pouce entre elles. Sur cette grille on arrange une *tourte* en briques, sur laquelle repose le creuset. On emplit alors le fourneau de combustible, qu'on allume par le haut; la porte du bas reste ouverte, jusqu'à ce que le feu soit bien pris et le creuset bien échauffé.

On ferme alors l'entrée pour l'air avec des briques et de l'argile ainsi qu'une partie de la bouche du foyer pour concentrer la chaleur, puis l'on commence à souffler, doucement d'abord, tant que l'opération n'est point très-avancée; mais lorsqu'on voit qu'elle tire à sa fin, on agit de toute la puissance des soufflets. Ordi-

nairement ce coup de force dure un quart-d'heure.

On se sert peu de ce fourneau dans les petits laboratoires en Angleterre; c'est en général le fourneau du fondeur qui le remplace, et cela tient à ce qu'il dispense de souffler. Cependant le fourneau à courant d'air forcé a quelques avantages, celui, par exemple, de ne point exiger une haute cheminée. Aussi le praticien fera-t-il bien d'y avoir recours.

Il faut avoir soin de fermer les robinets des tuyères, dès qu'on cesse d'employer les soufflets, afin d'empêcher l'air chaud d'y entrer, et le cuir de se fendiller.

Les soufflets de forge doivent être construits de manière à pouvoir être abaissés ou élevés, selon le besoin; ou, s'ils sont placés à la partie supérieure du laboratoire, comme il arrive ordinairement, afin qu'ils ne gênent point l'opérateur, ils doivent être munis d'un tuyau de cuir, dont la flexibilité permet de régler la hauteur de la tuyère. Dans tous les cas, la poignée du soufflet doit être placée à la gauche de l'opérateur. Ce fourneau est souvent employé par les métallurgistes; mais on le construit alors sur une échelle bien plus grande. On a porté sa hauteur jusqu'à soixante-dix pieds.

DISPOSITION DES FOURNEAUX DANS UN LABORATOIRE.

Les auteurs qui ont écrit sur la chimie ont rarement donné quelques conseils sur l'établissement et l'arrangement d'un laboratoire. Ils n'ont point, en général, montré comment les fourneaux fixes doivent être placés relativement les uns aux autres. Cependant on trouve quelques exceptions, et il est des chimistes qui ont

donné les plans, les coupes et les élévations de leur propre laboratoire.

La principale différence entre eux consiste dans la disposition des cheminées. Barchusen, Pepys et Thénard placent tous leurs fourneaux contre le mur, audessous de hottes. Les deux derniers veulent des conduits ou cheminées séparées, sinon pour chaque fourneau, du moins pour deux ou trois au plus. Le D[r] Higgins et la société des apothicaires ont placé leurs cheminées au centre du laboratoire; le premier, préférant des cheminées séparées, et la société n'ayant qu'une cheminée unique pour tous les fourneaux.

LABORATOIRE DU DIX-SEPTIÈME SIÈCLE.

Les laboratoires étaient autrefois voûtés en briques à leur partie supérieure. Cette disposition était due à la crainte du feu, et il paraît que nos pères étaient si soigneux en ce point, qu'ils préféraient établir leurs laboratoires dans des caves plutôt que de renoncer à cette condition.

Le laboratoire du collége des médecins dans Warwick-lane n'était autre chose que le caveau qui se trouve sous la grande salle; il n'avait qu'une seule cheminée. Celui de l'Ashmolean-Museum à Oxford est au niveau des fondations de ce bâtiment. Il est voûté en pierre à sa partie supérieure, et on en pourrait citer un grand nombre. La figure 33 représente le laboratoire de chimie de l'université d'Utrecht tel qu'il existait en 1698. Si on le compare avec d'autres, on sera étonné du peu de différence des appareils de nos ancêtres avec les nôtres. Sous le point de vue de l'utilité, je ne sais vraiment si ce laboratoire n'est point préférable aux nôtres, quoique, sans contredit, il soit moins élégant.

a est le fourneau à courant d'air forcé avec son soufflet.

b b sont des tonneaux pleins d'eau que traversent les alonges des alambics, et qui servent par conséquent de condenseurs.

c est l'alambic ordinaire à chapiteau sphérique, employé pour la distillation des huiles essentielles. Il a un tuyau pour le vider qui est muni d'un bouchon.

d est le bain-marie : il est muni d'un couvercle percé d'un trou à son centre, qui admet une cucurbite en verre ou en étain pour les distillations à une chaleur douce.

e est un fourneau en forme de tour (tower furnace) avec bain de sable pour les digestions et opérations analogues.

f est le fourneau qui sert à la distillation dans les vases de terre. Le foyer assez profond est traversé par deux barres de fer pour soutenir les retortes. On couvrait l'ouverture supérieure par une pierre ou une tuile.

g deux pots de sable de différente grandeur.

h deux réchauds de différente grandeur.

i petit alambic avec une tête en serpentin, et qui sert à la distillation des esprits.

k k hottes placées au-dessus des fourneaux qui laissent passer la fumée et les gaz qui incommoderaient l'opérateur.

LABORATOIRE DU DOCTEUR BRYAN HIGGINS.

Dans ce laboratoire du Dr Higgins les cheminées étaient placées au centre même ; elles étaient au nombre de neuf, de neuf pouces en carré chacune, séparées par des murs d'une brique d'épaisseur et de quarante pieds de hauteur.

La figure 34 est le plan des fourneaux qui entourent les cheminées, réduit à l'échelle d'un quarante-huitième, c'est-à-dire d'un quart de pouce par pied.

a sont deux fourneaux pour des pots de sable de douze pouces, mais qui servaient plus souvent de réchauds. Ils étaient presque continuellement en action, et communiquaient par un canal horizontal au conduit *a*.

b fourneau pour six pots de sable de six pouces chacun, placés sur deux rangs, avec modérateurs, de sorte qu'on pouvait ne chauffer qu'un des deux rangs séparément. On plaçait plus généralement des bains de sable sur les trous pour les digestions. Ce fourneau était recouvert d'une hotte fermée par des portes en fer. Cette hotte était mise en communication avec le conduit *b* du fourneau, au moyen d'un large tuyau en fer, et la communication du fourneau lui-même avec la cheminée était établie par un canal horizontal.

c fourneau de fusion ou fourneau du fondeur. Le foyer a neuf pouces en carré et deux pieds de profondeur. Ce fourneau, en lui donnant quelques soins, avait une grande puissance.

L'entrée pour l'air était double et située de chaque côté du fourneau, au-dessus du niveau des conduits horizontaux des pots de sable. Tout ce devant du fourneau, dans la direction d'un de ces conduits à l'autre, était un mur qui mettait l'opérateur à l'abri de la chaleur rayonnante du feu.

d est un grand fourneau de fusion dont le foyer a douze pouces en carré et deux pieds de profondeur. Il a un cendrier de même hauteur, à peu de chose près. Souvent employé à fondre, il l'était plus encore à distiller au moyen de retortes, dont le col pouvait passer par l'échancrure faite dans un des côtés du fourneau, échan-

crure qu'on bouchait avec des briques et de l'argile, lorsqu'elle n'était point nécessaire.

e fourneau pour une grande *moufle* de trois pieds de long et un de largeur, placée sur une plate-forme de douze pouces plus élevée que la grille, avec un foyer sur le côté. On peut enlever cette moufle, et le fourneau sert alors de reverbère pour distiller avec un cylindre ou deux petites retortes en terre placées l'une devant l'autre; celle de derrière ayant une alonge bien lutée, on pouvait encore placer quelques creusets sur la tourte qui supportait la moufle.

f est un fourneau à vent de Glauber. Le cendrier a deux pieds de hauteur, et le fourneau, qui n'en est que la continuation, s'élève de huit pieds, avant d'être mis en communication avec la cheminée. Le foyer a deux ouvertures, dont la plus élevée est munie d'une saillie en pelle (slab). Ce fourneau faisait le service d'une petite moufle, ou bien l'on y distillait au moyen d'une retorte en terre.

g est le fourneau à réverbère que nous avons décrit, ou plutôt il n'en diffère qu'en ce qu'il n'a qu'une seule grande ouverture entre le foyer et la chambre, et que le passage dans la cheminée n'est qu'une fente pratiquée à la partie supérieure.

Ces deux fourneaux *f g* furent démolis pendant le temps de ma résidence avec lui, et il les remplaça par un grand fourneau à réverbère, dont il crut ne devoir point se dispenser pour faire des essais *en grand* sur des minerais de plomb.

h est la forge que nous avons décrite.

i un fourneau à courant d'air forcé, formé d'un cylindre en fer doublé d'argile. Ces deux fourneaux à soufflets étaient recouverts d'une hotte en fer dont le devant était mobile. Le soufflet lui-même était fixé à

un châssis au plafond du laboratoire et était mis en communication avec les fourneaux, au moyen de tuyaux de plomb munis de robinets.

Contre les murs du laboratoire étaient adossés deux fourneaux, dont chacun communiquait avec la cheminée du milieu par un tuyau en fer qu'on pouvait fermer, plus ou moins, au moyen d'un registre à bascule.

k alambic à col de cygne, pouvant contenir trente-six gallons, avec son serpentin.

l pot de sable de dix-huit pouces.

m soufflet suspendu dans un châssis au plafond du laboratoire.

n grand mortier de fer, dont le pilon était soutenu par une longue barre élastique.

o table pour les tamis.

p table pour les balances ordinaires.

q table de granit à porphiriser avec sa molette.

r réservoir.

s table du laboratoire.

t pompe à air.

u presse à vis pour les substances mucilagineuses ou les liquides qui restent dans les filtres.

Ce laboratoire était, comme on le voit, monté sur une plus grande échelle que les laboratoires ordinaires destinés aux expériences; il était assez vaste pour qu'on en fît une véritable manufacture de produits chimiques, qui n'exigent certainement point, en général, des fourneaux pour six pots de six pouces, deux fourneaux de douze pouces, un de dix-huit et un de vingt-quatre *a*, *b*, *k*, *l*; trois fourneaux de fusion *c*, *d*, *f*; deux fourneaux à moufle *e*, *f*; quatre pour la distillation à feu nu *d*, *e*, *f*, *g*; et deux fourneaux à réverbère *e*, *g*, à chambre sur le côté.

LABORATOIRE DE M. PEPY.

Le laboratoire de M. Pepy, tel qu'on le trouve décrit dans le Dictionnaire de chimie d'Aikin, se compose de sept fourneaux. C'est le modèle de laboratoire expérimental du chimiste anglais d'aujourd'hui.

La figure 35 est une vue perspective des fourneaux à l'échelle d'un vingt-quatrième, c'est-à-dire d'un demi-pouce par pied. La cheminée a cinq conduits de neuf pouces, et environ vingt pieds de hauteur.

a est un alambic à col de cygne, contenant dix gallons avec son tonneau à serpentin

b est la forge avec sa hotte: elle communique à la cheminée de l'alambic nº 1; derrière cette forge est un trou dans lequel on pousse les cendres et la poussière que l'on retire par l'ouverture qui est au-dessous de la forge.

c est un fourneau à moufle, qui a sa cheminée séparée nº 2; mais la moufle est placée trop bas, il est difficile et gênant de la surveiller.

d est un fourneau à vent qui sert à la fusion: il a une cheminée séparée nº 3; son entrée pour l'air est un canal qui, passant sous le parquet du laboratoire, se divise en deux parties, pour aller communiquer de chaque côté avec l'air extérieur.

e est le fourneau pour la distillation à feu nu, avec une cheminée séparée nº 4. On voit une échancrure sur le devant, pour laisser passer le col de la retorte.

f est un bain de sable pour les digestions et les évaporations.

g un fourneau avec une ouverture de six pouces au sommet, pour un pot de sable ou une chaudière de cuivre. Les conduits de ces deux derniers fourneaux débouchent dans la cheminée nº 5.

Tous ces fourneaux sont placés sous une grande hotte à huit pieds au-dessus du sol; et les cheminées 2 et 4 ont des ouvertures sous cette hotte, munies de portes en fer, pour laisser passer les vapeurs nuisibles.

Un praticien verra, d'un seul coup-d'œil, que cet assemblage de fourneaux a deux vices principaux. 1° ils manquent de réchauds dont on ne pourra, par conséquent, remplacer l'usage que par des fourneaux de plus grande dimension; on consommera donc plus de combustible qu'il ne serait nécessaire. 2° il n'y a qu'un seul alambic, quoiqu'en effet il soit de la meilleure construction pour les opérations générales, et que l'eau puisse se distiller au bain de sable dans des vases de verre, pendant que d'autres opérations sont en train, et que cette distillation ne soit qu'une opération de peu d'importance.

Le laboratoire décrit par M. Parkes, dans son Catéchisme de chimie, diffère fort peu de ce dernier, et il paraît, si l'on en juge par la planche du frontispice, que tous ses appareils de verre sont rangés dans la même salle; ce qui nous paraît un arrangement d'autant plus mauvais, que ces appareils très-fragiles sont exposés aux explosions qui résultent souvent des expériences sur les gaz, expériences qui paraissent être la chimie à la mode du jour.

LABORATOIRE DE LA SOCIÉTÉ DES APOTHICAIRES DE LONDRES.

Le principal laboratoire est un bâtiment en briques, de cinquante pieds en carré, haut de trente pieds, éclairé du haut, et subdivisé en deux parties par un mur en briques. La plus grande chambre a cinquante pieds sur trente, et la seconde cinquante

pieds sur vingt. La première, qu'on peut appeler le laboratoire proprement dit, renferme tous les foyers ouverts, tous les fourneaux, tous les appareils, en un mot, employés dans les opérations qui exigent une chaleur intense. La seconde est appelée la distillerie (the still house), parce que toutes les distillations et les évaporations s'y opèrent exclusivement, et au moyen de la vapeur produite par une chaudière placée dans un petit bâtiment attenant au laboratoire principal.

On arrive au laboratoire, proprement dit, par la chambre aux mortiers (mortar room), qui n'a pas moins de quarante pieds de longueur sur vingt-deux de large, et qui renferme les mortiers, les pressoirs, et, en un mot, tous les appareils qui servent à broyer, pulvériser, ou à toute autre opération mécanique. A son extrémité orientale est une grande étuve, chauffée par des conduits, pour la dessication des articles qu'on ne peut point faire sécher convenablement par la vapeur. On a pris toutes les précautions possibles pour mettre ce laboratoire à l'abri du feu. Toutes les parties qui étaient le plus exposées à ce danger, sont recouvertes par des feuilles de tôle; le toit, enfin, est percé d'ouvertures qu'on ferme ou qu'on ouvre à volonté, et qui servent à la ventilation. La cheminée principale *a*, figure 36, est placée au centre. Elle a quatre ouvertures au-dessous du plancher du laboratoire, qui reçoivent chacune un grand canal partant de chacun des quatre côtés de la chambre. Elle a cent pieds d'élévation depuis sa base, et on peut arriver, dans son intérieur, à travers un des canaux dont nous venons de parler. Les conduits de tous les fourneaux, adossés à la muraille du laboratoire, sont tous munis de registres, et ouvrent dans un canal commun qui entoure le bâtiment, et est en communication avec la

cheminée, au moyen des quatre canaux déja nommés. Chacun de ces derniers est encore muni d'un registre qui sert à régler les opérations qui se font dans les fourneaux en rapport avec lui.

Voici l'ordre des fourneaux :

b fourneau pour la sublimation de l'acide benzoïque.

c fourneau pour la préparation du sulfate de mercure. Il a deux conduits descendants, l'un pour la fumée, et l'autre pour l'acide sulfureux.

d chaudière à vapeur à haute pression.

e était autrefois la place d'un fourneau à moufle, qu'on a remplacé par un réservoir d'eau.

f grand bain de sable qui peut admettre plusieurs retortes à la fois.

g appareil pour la distillation de l'acide muriatique avec trois récipients en communication l'un avec l'autre.

h appareil pour la distillation de l'acide nitrique, muni de trois récipients en communication l'un avec l'autre.

i appareil pour la distillation de la corne de cerf, muni d'un condenseur en fonte.

k fourneau à calciner, comme l'appelle Brande, et qui n'est rien autre chose qu'un grand fourneau circulaire de trois pieds de diamètre sans ouverture dans la cheminée et même sans hotte. On s'en sert principalement pour calciner la magnésie; mais comme on le chauffe ordinairement avec du charbon neuf, il laisse échapper tant de fumée dans le laboratoire, qu'on a pris le parti de n'allumer ce fourneau que le soir, au moment où les opérateurs quittent le travail; on l'abandonne alors à lui-même. On voit encore une série de fourneaux adossés à la cheminée principale,

et qui communiquent avec elle par des conduits séparés, munis de registres, de sorte qu'on peut les fermer hermétiquement lorsqu'on ne les emploie pas. Les huit fourneaux *l m*, servent principalement aux fusions et sublimations, ou bien ils font le service des retortes. Au troisième côté de la cheminée attient un puissant fourneau à air *n*, et le quatrième est occupé par un fourneau *o*, pour la sublimation du calomélas (proto-chlorure de mercure).

Le laboratoire à vapeur possède deux chaudières, dont la plus grande *p*, placée dans un bâtiment séparé, ne contient pas moins de huit cents gallons d'eau. Elle a la forme d'un charriot couvert; elle est en cuivre, et met en mouvement une machine de la force de huit chevaux à la pression d'une atmosphère et demie, c'est-à-dire que la température est de 230° de Fahrenheit. Une pompe foulante tient à la machine, et renvoie à la chaudière l'eau chaude qui provient de la condensation de la vapeur dans les différents vases.

Le tuyau à vapeur principal a six pouces de diamètre. Il fait le tour du laboratoire renfermé dans une cavité en briques, couverte de plaques de fonte mobiles; il est accompagné par un tuyau plus petit, qui reçoit et conduit l'eau qui provient de la condensation dans un réservoir muni de clapets, d'où elle est refoulée, de temps en temps, dans les chaudières. Un petit tuyau à vapeur, muni d'un robinet, met chaque appareil distillatoire et chaque vase évaporatoire en communication avec le tuyau principal.

Quatre des douze bouilloires et vases évaporatoires *q q q q*.... sont en étain; un seul de ces vases est en fer, et sept en cuivre. Quatre d'entre eux sont d'une capacité de cent cinquante à trois cents gallons chaque,

quatre autres ont une capacité de cent gallons, et quatre autres encore peuvent contenir chacun de dix à vingt gallons. On voit quelques autres vases plus petits qui, généralement, servent de bain-marie.

Il y a sept alambics, quatre sont en cuivre *r r r r*. L'un d'eux, qui peut contenir cinq cents gallons, a un serpentin séparé. Deux autres contiennent chacun deux cents gallons, et le quatrième cent cinquante. On voit en *s* un autre alambic d'étain, de la contenance de trente gallons, et un deuxième en plomb *t*, pour la distillation de l'éther. Ces cinq alambics n'ont que deux condenseurs. Enfin, on voit en *v* un alambic muni de son serpentin, le tout en terre cuite; on l'emploie, surtout, pour la préparation de l'éther nitrique.

A l'exception de l'alambic en plomb, qui sert pour les éthers, tous les autres vases sont chauffés par la circulation de la vapeur appliquée à leur partie extérieure; ils sont tous enfermés dans des enveloppes de fer, dont les parois s'éloignent de celles du vase d'environ un demi-pouce, et laissent un espace qu'on emplit de vapeur au moyen des tuyaux à robinets qui partent du tuyau à vapeur principal; ces enveloppes sont elles-mêmes munies de tuyaux qui laissent échapper les produits de la condensation, et d'autres tuyaux à robinets qui servent à évacuer l'air lorsqu'on lâche les vapeurs dans l'intérieur de l'enveloppe.

Une partie du tuyau à vapeur se reploie quatre fois sur elle-même *b b* dans le fond de l'étuve, afin d'échauffer le courant d'air qui la traverse, et une autre branche du tuyau s'élève perpendiculairement à travers le plancher; elle est munie de robinets et de vis, et reçoit accidentellement les tuyaux en plomb qu'on y adapte pour échauffer les liquides contenus dans des vases mobiles. La petite chaudière *d* du laboratoire

donne de la vapeur à la pression énorme de cent livres par pouce carré, c'est-à-dire que la température de la vapeur est extrêmement élevée; elle n'est appliquée que dans une autre partie du bâtiment aux évaporations, solutions, décoctions, etc., etc.; mais de plus elle chauffe le petit alambic aux éthers, au moyen d'un serpentin de plomb, qui fournit la chaleur propre à obtenir l'éther sulfurique.

La vapeur de ces chaudières qui n'est point employée se condense dans un grand réservoir placé dans une autre partie du bâtiment. Outre l'appareil distillatoire et évaporatoire, il y a encore deux grandes étuves ou séchoirs chauffés par la vapeur, et quelques vaisseaux de bois ou autres pour les solutions salines, etc., etc., qu'on adapte accidentellement à l'appareil à vapeur, et qu'on échauffe au moyen d'un serpentin de plomb.

x est une bache d'eau;

y un coffre pour le coke et le charbon;

z un gazomètre où l'on recueille le gaz de l'huile, préparé dans une autre partie du bâtiment.

aa est une table de marbre dans la distillerie.

En outre de ces deux laboratoires, la société possède sous le même toit un laboratoire d'expérience, monté sur une petite échelle, qui n'a pas coûté moins de 600 livres sterling, bien qu'il ne contienne qu'un bain de sable carré, un seul fourneau de l'espèce que nous avons appelé réchaud (stove hole), une paillasse pavée à la hollandaise, et quelques lampes à gaz, au-dessus desquelles on place les cornues et autres vases au moyen d'un support.

Il y a encore une chambre à magnésie, garnie de sept bouilloires, dont quatre en cuivre et trois en fer, plus quelques grands bassins pour dissoudre, précipiter ou cristalliser les solutions salines.

Le plan et la description de ces divers laboratoires suffisent pour montrer qu'ils ne sont point aussi bien construits qu'ils pourraient l'être. Quant au laboratoire à vapeur, on ne peut le regarder que comme un objet de curiosité, puisque dans les opérations pharmaceutiques on n'a que fort rarement besoin d'un appareil de ce genre, très-utile d'ailleurs dans la teinture et l'impression des étoffes.

LABORATOIRE PARISIEN.

On se sert plus généralement en France de fourneaux portatifs. D'abord c'est qu'on les y construit très-bien; mais ensuite cela tient au combustible dont on y fait usage, le charbon de bois. On trouve rarement dans un ouvrage de chimie la description d'un laboratoire, et M. Thénard est à peu près le seul auteur qui ait cru nécessaire de présenter quelques détails sur un objet aussi important.

La figure 37 représente une vue perspective des fourneaux fixes dont M. Thénard conseille l'usage dans un laboratoire général. La figure est environ le cinquantième de la grandeur naturelle, c'est-à-dire que l'échelle est d'environ un quart de pouce par pied; *a* est une hotte construite sur le côté où doit se trouver la cheminée; cette hotte a environ quinze pieds de largeur.

Au-dessous de la hotte on fait établir une paillasse de même longueur, haute d'environ vingt pouces, et de deux pieds et demi environ de profondeur de l'avant à l'arrière. A cet effet on construit, en briques, plusieurs jambages sur lesquels on pose des barres de fer qui doivent servir à supporter un rang de briques que l'on assujettit convenablement avec du plâtre. On fait ensuite carreler, à la hollandaise, la partie supérieure *d*

de cette paillasse, et on la maintient au moyen d'une bande de fer *f*, dont on scelle les deux extrémités dans le mur.

De chaque côté de la paillasse s'élève l'assemblage de conduits des petites cheminées particulières d'environ trois pieds de large, sur un pied de profondeur *v*. Ces conduits servent encore pour les fourneaux *e g r*, qui ne sont point construits dans la paillasse, et dont on voit que les portes s'ouvrent de bas en haut au moyen d'une bande de fer percée de trous; ce qui permet d'augmenter ou de diminuer le tirage à volonté. On a pratiqué, en outre, dans l'assemblage des cheminées, un certain nombre de trous ronds *z z z*, de deux pouces de diamètre environ, fermant au moyen de petites plaques à charnières. Ces trous sont destinés à laisser échapper les gaz ou vapeurs nuisibles qui sont portés à travers des tuyaux dans un des conduits qui se trouvent à droite et à gauche de la paillasse.

En suivant l'ordre des fourneaux de la gauche à la droite, nous trouvons d'abord :

Un fourneau *e*, de huit pouces de largeur, dont l'entrée pour l'air est en *e'*, au-dessous de la paillasse. Cette entrée est, comme on le voit, munie d'un registre.

Un fourneau *g*, de douze pouces de largeur, dont l'entrée pour l'air, munie aussi d'un registre, est en *g'* au-dessous de la paillasse. Ce fourneau a deux portes *l m* à son foyer : l'une pour le bois, et l'autre pour le charbon, selon qu'on emploie l'un ou l'autre de ces combustibles.

Un réchaud circulaire *n*, de quinze pouces de diamètre. Son cendrier est en *o*, au-dessous de la paillaisse. C'est à ce fourneau qu'appartient le tuyau *n'n'*, qui porte la fumée sous la hotte.

Un fourneau circulaire *q*, à courant d'air forcé, de seize pouces de diamètre, dont le cendrier *q'*, est au-dessous de la paillasse. Il est alimenté par le double soufflet *s*, fixé au plafond, et mis en action par la poignée *u*, et le poids *t*, dont la tuyère traverse les jambages de la paillasse du côté des cheminées, et entre dans le cendrier *q'*. Ce fourneau n'a point de cheminée.

Un fourneau de fusion *i*, de huit pouces en carré, dont l'entrée pour l'air est en *i'*. La cheminée de ce fourneau, qui s'élève à une grande hauteur, passe entre les trois ouvreaux *z z z*, et le fourneau *r*.

Un fourneau *r*, de dix pouces de largeur, dont l'entrée pour l'air, qui est munie de registre, se trouve en *r'*, au-dessous de la paillasse.

La branche *k* de la tuyère du soufflet sert à donner du vent aux fourneaux portatifs qui pourraient se trouver sur la paillasse, en y ajoutant un tuyau flexible. Cette branche est, comme l'autre, munie d'un robinet, qu'on a le soin de fermer dès qu'on ne se sert plus du soufflet.

Les vides *p p p* laissés sous la paillasse servent à mettre du charbon ou toute autre matière embarrassante.

La crémaillière *x*, qu'on aperçoit vers le milieu du mur de derrière, sert à ouvrir plus ou moins le registre de la hotte, et par conséquent à diminuer ou augmenter le tirage au gré de l'opérateur.

DES FOURNEAUX PORTATIFS.

Les amateurs, qui ne peuvent, en général, disposer d'un espace suffisant, sont forcés de se contenter de

petits fourneaux, qu'ils laissent ensuite de côté lorsqu'il leur est permis d'opérer en grand.

FOURNEAU DU DOCTEUR BLACK.

Le docteur Black, professeur de chimie à Édimbourg, est l'inventeur d'un fourneau portatif qu'il employait pour presque toutes ses opérations. Mais, en dépit de son élégance, il a été à peu près abandonné depuis, et remplacé par des fourneaux bien inférieurs.

La figure 38 montre la forme extérieure de ce fourneau, et la figure 39 en est une section verticale. Le corps de ce fourneau, qui est de forme ovale, est fait de tôle, et fermé en haut et en bas par une plaque de fonte assez épaisse. La plaque supérieure est percée de deux trous, dont l'un *a*, assez large, est quelquefois la bouche du fourneau; l'autre, *b*, est de forme ovale, et reçoit un tuyau qui se visse à son intérieur. La plaque inférieure n'a qu'un seul trou, placé vers un des foyers de l'ellipse; de sorte que la ligne qui joindrait les centres des deux trous serait oblique à l'horizon, comme on le voit dans la figure 39.

Le cendrier, *c*, a, comme le fourneau, une forme elliptique; mais il est tout juste assez grand pour recevoir le fond du fourneau. A l'exception des trous *e*, toutes les parties du fourneau sont bien fermées, et même lutées. La figure indique assez comment toutes les pièces s'adaptent les unes aux autres. On a le soin de luter l'intérieur avec une couche épaisse de mortier qui préserve le fer de l'action du feu, et ce mortier est disposé de telle sorte que l'intérieur du fourneau présente la forme d'un cône tronqué et renversé.

f g h sont trois pièces qu'on adapte au fourneau lorsqu'il est nécessaire: *f* est un pied-de-grue qui entre

dans *a*, pour soutenir un vase quelconque; *g* est un pot de sable en fonte, *h* un couvercle.

Passons maintenant à l'usage de ce fourneau, et supposons d'abord qu'il doive faire le service d'un fourneau de fusion. L'ouverture *a* est alors fermée par un couvercle; elle devient la bouche, et comme elle est placée immédiatement au-dessus de la grille, cette situation est très-commode pour qu'on puisse introduire les substances sur lesquelles on veut opérer, ainsi que pour surveiller les opérations. On peut prendre, pour le couvercle de cette porte, ou une brique, ou une tuile. Le Dr Black se servait d'une plaque de fer creusée en gorge, comme une poulie par exemple, et remplissait cette gorge d'une certaine quantité de lut qui la faisait adhérer aux bords de l'ouverture. Du reste, on augmente ou on diminue la chaleur en donnant plus ou moins de hauteur à la cheminée, et en ouvrant un plus ou moins grand nombre de trous du modérateur *e*.

Au moyen de ces dispositions, on peut employer ce petit fourneau dans les opérations de l'essayage, bien qu'il n'admette point de moufle. Un petit morceau de brique placé sur sa base, dans le milieu de la grille, pourra en quelque sorte la remplacer, si l'on a l'attention de n'employer que du gros combustible. L'air traversera ainsi plus facilement le foyer, et le métal ne sera point en contact avec le combustible. On pourra, par ce moyen, opérer la réduction du plomb et de quelques autres métaux.

Lorsqu'on voudra employer ce fourneau pour les distillations qui exigent une grande chaleur, on suspendra une retorte en terre dans l'ouverture *a*, au moyen du pied-de-grue recourbé *f*, qui descend dans le fourneau d'environ un demi-pied. On voit que la retorte, assise

à la réunion des trois branches du pied, sera précisément placée au-dessus du combustible. L'ouverture, entre la bouche du fourneau et le vase, sera comblée avec des débris de creusets et des cendres, qui, comme on le sait sans doute, sont de très-mauvais conducteurs. Voilà pour les distillations à feu nu. Le Dr Black avait un de ses fourneaux percé d'un trou sur le côté, que traversait le col de la retorte. Il parvint ainsi à distiller le phosphore de l'urine, opération qui exige une très-forte chaleur; mais il était obligé de boucher hermétiquement toutes les ouvertures de côté.

Pour les distillations au bain de sable, on a un pot en fer, qui s'adapte encore à l'ouverture *a*. C'est alors l'ouverture *b* qui devient la porte du fourneau, et on remarquera qu'il est bien plus facile de la fermer que si elle était sur le côté. On la recouvre ordinairement d'un couvercle fait d'argile et de charbon de bois. Ce fourneau peut encore faire le service de l'alambic ordinaire, qu'on fait entrer en partie par l'ouverture *a*. Dans ce dernier cas, c'est encore *b* qui devient la bouche du fourneau, à travers laquelle on introduit du combustible si l'opération l'exige; mais cette addition est rarement nécessaire dans les opérations ordinaires; et même la construction de ce fourneau est si ingénieuse, la combustion s'opère si graduellement, et la chaleur s'y conserve tellement, qu'il est fort rare qu'une seule fournée de combustible ne suffise dans tous les cas.

Le charbon de bois est le meilleur combustible dont on puisse se servir dans cet excellent appareil, qu'on n'estime point assez en Angleterre, sans doute parce que sa simplicité extrême ne satisfait point la vanité des amateurs de chimie, ou sert mal le charlatanisme des faiseurs de cours, toujours habiles à s'entourer d'appareils qui donnent une haute idée de leurs talents.

FOURNEAU DE KNIGHT.

M. Knight a fait quelques changements au fourneau du Dr Black, qui l'ont rendu propre à brûler la houille, et qui, par conséquent, ont rendu son usage un peu plus commun dans les pays où l'on se sert de ce combustible.

La figure 40 fera comprendre ce fourneau. Il consiste en une caisse de fer ovale de vingt-deux pouces de hauteur, dont le grand axe a vingt pouces et le petit axe quinze pouces; elle est doublée de briques à feu ou d'argile réfractaire dans les trois quarts de sa hauteur, à partir du sommet. Cette portion est le corps du fourneau qui repose sur la partie inférieure non doublée, formant dès-lors un assez vaste cendrier. *a* est le corps du fourneau, qui est cylindrique, ou plutôt très-légèrement conique, afin que la flamme du combustible en échauffe toutes les parties moins inégalement. Le diamètre de ce cylindre est de huit pouces et demi, et sa hauteur de quinze. La grille *c* repose à son fond.

Ce foyer a les ouvertures suivantes au-dessus de la grille. D'abord l'ouverture supérieure qui, lorsqu'on veut un bain de sable, reçoit le pot de sable *i*, ou sinon, qu'on ferme d'une bonne plaque de fer doublée d'argile.

La seconde ouverture est le coude de la cheminée *f*, qui s'élargit à sa partie verticale. La partie de cette cheminée qui avoisine le cylindre est, comme le foyer, doublée en fer recouvert d'argile; enfin la cheminée se termine par un tuyau qui n'est point représenté dans la figure. On règle le degré de chaleur en donnant plus ou moins de longueur au tuyau. La troisième ouverture *e* sert à introduire le combustible et aussi à ré-

gler le degré de chaleur. La quatrième consiste en deux trous ronds *g* opposés l'un à l'autre et percés de chaque côté du fourneau. Ils reçoivent les tubes de porcelaine ou de fer qu'on veut soumettre à une chaleur rouge. La dernière *d* est pour introduire la moufle et occasionnellement pour alimenter le feu. Toutes ces ouvertures sont, comme on le voit, ou fermées par de bonnes briques épaisses, ou par des portes en fer fermant hermétiquement. Il y a encore deux ouvertures *b b* dans le cendrier, qui règlent le courant d'air et conséquemment le degré de chaleur du fourneau. La profondeur entière du foyer étant quelquefois incommode, il est muni d'une seconde grille mobile qui repose, lorsqu'il est nécessaire, sur un support formé de deux anneaux séparés par trois barres placées à distances égales. Lorsque cette espèce de trépied pose sur la grille ordinaire, la grille mobile arrive un peu au-dessous du niveau de la limite inférieure de la porte *d*.

Les amateurs et surtout les expérimentateurs se servent assez généralement de ce fourneau en Angleterre. Son grand défaut est son poids qui exige deux personnes pour le remuer. Il serait à propos de l'élever sur une base en briques qui dispenserait l'observateur de se baisser pour voir ce qui se passe dans la moufle ou pour surveiller le feu.

FOURNEAU A COURANT D'AIR FORCÉ D'AIKIN.

M. Arthur Aikin, en mettant à profit les idées développées par le Dr Lewis dans son *Philosophical commerce of arts*, a inventé le fourneau suivant qui produit, en un temps très-court et avec une quantité très-minime de combustible, une chaleur fort intense.

Il est composé de trois parties, toutes formées de plombagine commune fondue en pots, que l'on vend à

Londres pour l'usage des orfévres (figure 41). La partie inférieure *c* est le fond d'un de ces pots, coupé pour laisser seulement une cavité d'environ un pouce, et poli en dedans et en dehors. Le diamètre extérieur du sommet est de cinq pouces et demi. La pièce du milieu ou foyer *a* est une portion plus large d'un pot semblable avec une cavité d'environ six pouces de profondeur dont le diamètre extérieur, à la partie supérieure, est d'environ sept pouces et demi, et perforé dans le fond de six trous. Ces deux pots forment la partie essentielle pour beaucoup d'opérations; mais, quand on veut entourer de feu un creuset qui y est renfermé et principalement pour défendre les yeux de l'éclat insoutenable du feu en pleine activité, il faut ajouter un pot supérieur *b*, de la même dimension que celui du milieu, avec une large ouverture sur le côté, pour donner issue à la fumée et à la flamme. Il est muni aussi d'une branche de fer, avec une poignée de bois, pour l'enlever quand il en est besoin. Les soufflets qui sont doubles *d* sont fixés par des vis à une table solide, d'où on les peut retirer à volonté, comme ils sont représentés dans la planche; et leur manche doit être assez long pour qu'on les fasse agir facilement avec la main.

Pour accroître leur force, dans quelques cas on peut attacher fortement un morceau de plomb sur la planche supérieure du soufflet. La douille est reçue dans l'ouverture du pot *c*, qui conduit le vent dans la cavité. De cette manière, l'air passe dans le four *a*, au travers de six trous de la largeur d'un foret, percés à des distances égales dans le fond du pot, et tous convergent dans une direction intérieure, de telle sorte que, s'ils étaient prolongés, ils se rencontreraient vers le centre de la partie supérieure du feu. Il n'est pas nécessaire de luter ce fourneau pour s'en servir, de

sorte qu'il peut être dressé et démonté en un instant. Du coke ou du fraisil communs, retirés du feu, quand le charbon cesse de flamber, séparé de la poussière et cassé en petits morceaux, forme le meilleur combustible pour obtenir la plus haute température. Le feu peut être allumé d'abord au moyen de quelques morceaux de fraisil allumés et d'une petite quantité de charbon de bois.

La chaleur que donne ce petit fourneau est si intense, qu'elle a eu le pouvoir de fondre une pièce épaisse de fonte de fer. La plus grande chaleur qu'il ait produite est de cent soixante-sept degrés du pyromètre de Wedgewood ; un creuset de Hesse s'y réduisit à l'état de porcelaine en fusion. On peut obtenir une chaleur constante de cent cinquante-cinq à cent soixante degrés du pyromètre de Wedgewood, si le feu est bien ménagé et si les soufflets agissent avec vigueur (voy. Philosophical magazine, Vol. XVII, pag. 166). On a appris aussi, par une lettre de M. Aikin, que ce fourneau pouvait être employé dans une leçon pour démontrer, et, dans d'autres cas, pour opérer la coupellation ; il faut pour cela empêcher une partie de l'air de se répandre dans le fourneau, et le faire passer au travers d'un creuset, dans lequel est placée la coupelle. Ce moyen augmente le courant d'air, et on peut l'accroître avec un tube courbe passant au travers du couvercle du creuset.

FOURNEAU DU DOCTEUR PRICE.

Le fourneau portatif inventé par le Dr Price, si connu par les expériences d'*alchimie* qu'il fit publiquement à Guilford, en mai 1782, ne se trouve que difficilement à Londres. Sa construction cependant le rend digne d'attention, et la facilité qu'il offre d'agrandir et de

diminuer à volonté le foyer et la chambre, en raison des opérations, nous fait un devoir d'en donner une description détaillée.

La figure 42 représente la partie extérieure de ce fourneau qui est un cylindre ouvert par le haut, de deux pieds de diamètre extérieur et de trois pieds six pouces de hauteur. On le construit avec la même composition que les creusets dits de plombagine ou avec de la tôle doublée d'un mélange d'argile et de coke pulvérisé. Les côtés doivent, dans l'un et l'autre cas, avoir trois pouces d'épaisseur, de sorte qu'il ne reste plus que dix-huit pouces pour le diamètre intérieur du fourneau. Le fond est fermé, et il a la même épaisseur que les murs.

Au niveau de la face supérieure du fond se trouvent trois trous *a a*, de quatre pouces de hauteur et six de largeur pour laisser passer l'air et enlever les cendres. On les ferme au moyen de portes en fer. On voit encore sur le front un autre trou arqué *b*, de six pouces d'ouverture et de quatre pouces et demi de hauteur, qu'on ferme aussi par une porte. La limite inférieure et droite de cette ouverture est éloignée de quinze pouces du sommet du fourneau. Enfin on laisse à la partie postérieure du fourneau un passage *c* de huit pouces sur quatre.

La figure 43 représente le premier cylindre intérieur construit des mêmes matériaux que le premier. Il a environ trois pieds de hauteur, et doit glisser dans l'intérieur du fourneau, figure 42, de manière à ce que ces deux ouvertures, nommément le passage à la partie supérieure, et le trou arqué ou gueulard se trouvent placés bien juste en face des trous correspondans *b c* du premier étui. Ce cylindre moyen est ouvert en haut et en bas.

La figure 44 représente le troisième cylindre construit de même que les autres, quant aux matériaux; mais ses murailles n'ont plus que deux pouces d'épaisseur, et sa cavité intérieure a par conséquent huit pouces seulement d'ouverture. Il a dix-huit pouces de long et est ouvert des deux bouts. Vers sa partie inférieure on a pratiqué un trou arqué de deux pouces et demi d'ouverture et d'un pouce trois quarts de hauteur, qui sert à introduire une petite moufle, au besoin. Son bord inférieur doit coïncider avec le bord correspondant du trou semblable des deux enveloppes 42 et 43; on le ferme au moyen d'un bouchon. Il est à peine nécessaire de dire que le passage pratiqué à sa partie postérieure coïncide avec les ouvertures correspondantes; il n'a d'ailleurs que six pouces de largeur. Le conduit latéral, qui entre dans le passage, et qu'on ne voit point dans la figure, est construit des mêmes matériaux que le fourneau. Il doit être cerclé en fer et solidement attaché au corps du fourneau; autrement il tomberait en pièces, après quelques jours, par le poids de la cheminée, qui doit avoir au moins huit pieds de haut et six pouces de diamètre.

Il faut avoir, pour le service de ce fourneau, un trépied triangulaire en fer de treize pouces de hauteur environ. Ce trépied sert à soutenir la grande grille, qu'on adapte au cylindre extérieur. Maintenant, si l'on veut opérer sur une grande échelle, on descend dans le grand fourneau, la grille avec son trépied qui laisse assez de place pour une bonne quantité de combustible qu'on alimente et qu'on soigne par la porte *b*. On introduit par l'ouverture supérieure un alambic ou un bain de sable, etc., de seize pouces de diamètre qui laisse par conséquent assez d'espace autour de lui pour que l'air brûlé s'échappe par le passage *c*. On voit que l'ouverture

supérieure peut aussi bien recevoir un grand creuset, et que ce fourneau sert encore pour les fusions et calcinations. Lorsqu'on distille à feu nu avec des retortes, on en fait passer le col par l'ouverture *b*, dont on ferme la partie vide avec des morceaux de briques et de l'argile. Enfin si l'on trouvait que le foyer fût trop grand pour telle ou telle opération, on pourrait à volonté diminuer sa capacité, en élevant le trépied qui supporte la grille sur des morceaux de briques.

Le fourneau est-il encore trop grand? on y introduit le cylindre moyen, qui réduit son foyer et sa chambre à douze pouces de diamètre, dont on peut encore diminuer la profondeur au moyen d'un trépied, comme dans le premier cas.

Enfin, on le réduit à son minimum en introduisant le petit cylindre 44 qui, de même que le second reposait sur la grille du premier, reposera à son tour sur la grille du second. L'ouverture du sommet, ainsi réduite à huit pouces de diamètre, servira pour les petits appareils. Dans cet état, ce fourneau devient un fourneau à vent d'une très-grande puissance.

FOURNEAU A TOURBE DE BOERHAAVE.

Le fameux professeur Boerhaave, qui vivait dans un pays où la tourbe est le combustible ordinaire, chercha à tirer parti de sa combustion graduelle et lente, et construisit le fourneau suivant, principalement employé pour les digestions et les distillations. Ce fourneau est d'une très-grande utilité dans les pays où l'on se procure la tourbe à très-bas prix. Il le décrit ainsi :

Formez un prisme quadrangulaire creux en bon chêne bien sec, comme il est représenté figure 45, à l'échelle d'un douzième ou d'un pouce par pied. Sa base *a b e f* doit avoir neuf pouces de côté, et sa hauteur

quatorze pouces. Fixez à son intérieur une cloison *i k l m*, d'un pouce d'épaisseur, à quatre pouces au-dessus de la base, qui partagera le fourneau en deux parties: la partie inférieure, dont la totalité aura cinq pouces de haut, servira de foyer, et la partie supérieure, qui aura huit pouces de hauteur, recevra la retorte ou l'appareil distillatoire, quel qu'il soit; la séparation est percée en son milieu d'un trou circulaire de cinq pouces de diamètre, sur lequel repose le fond du vase qui est arrondi; et, outre cette ouverture, on pratique encore dans la cloison quatre autres trous d'un pouce seulement de diamètre qui laisseront passer la chaleur plus facilement de l'étage inférieur à l'étage supérieur.

Sur un des côtés du fourneau est située la porte *r s t u*, se mouvant sur des gonds, qui doit s'ouvrir facilement et fermer très-hermétiquement. Elle a neuf pouces de largeur et cinq pouces de hauteur. Toutes les surfaces intérieures du fourneau sont doublées en plaques de tôle ou de cuivre pour préserver le bois de l'action du feu. La porte est percée de quatre trous ronds *p* d'un pouce de diamètre pour laisser passer l'air extérieur, dont on règle la quantité en ouvrant plus ou moins de ces trous qu'on peut fermer avec des bouchons cylindriques *z*, qui s'ôtent et se mettent facilement. Nous ne saurions trop le recommander: cette porte doit fermer parfaitement; il faudra donc choisir pour la construire du bois bien séché qui ne se déjette pas. Sur un des côtés du fourneau on pratique un trou carré *p*, de quatre pouces et demi, dont les bords sont taillés en pente dans la demi-épaisseur de la paroi, de manière à recevoir et à maintenir dans la coulisse la plaque de bois *p*, qui sert à boucher cette ouverture lorsqu'on distille à l'alambic ou qu'on opère une évaporation; et quand on emploie une retorte, on

en fait passer le col par le milieu d'une autre plaque *o*, qui a deux pouces et demi d'ouverture.

La partie supérieure du fourneau est fermée par deux portes battantes *c d*, *g h*, échancrées de manière à laisser dans le milieu une ouverture circulaire de cinq pouces de diamètre, qui se laisse traverser par la gorge de l'alambic, ou sur laquelle on place tout autre appareil, et qu'on ferme par une pièce de bois ronde dont la face supérieure a six pouces de diamètres, lorsqu'on distille à la retorte.

Il faut encore se procurer un vase de terre à fond plat *r*, porté sur trois pieds *s s s*, d'un demi-pouce de hauteur, la hauteur totale de la bassine étant de trois pouces et demi. On met au fond de la bassine une petite couche de cendres tamisées, d'un quart de pouce d'épaisseur environ, puis une seconde couche de tourbe carbonisée, qu'on recouvre enfin d'une troisième couche de cendres tamisées aussi. On obtient ainsi une chaleur constante et modérée qui dure près de vingt-quatre heures. Moins la couche de cendres supérieure est épaisse, plus la chaleur est forte; mais sa durée est alors en raison inverse de son intensité et réciproquement.

Ce fourneau, ainsi arrangé, ne donne ni fumée ni odeur, et sa chaleur est si douce et si égale que Boërhaave pensait qu'il pouvait servir à faire éclore des œufs. Cependant on peut lui donner assez de force pour porter l'eau à l'ébullition, et même produire une température encore plus élevée; de sorte que, par son emploi, on pourra sans danger et fort économiquement opérer toutes sortes de digestions et de distillations de liquides, de sels volatils, alkalins ou aromatiques. C'est un bon fourneau d'étudiant.

Boërhaave l'a souvent employé pour préparer ce

qu'on appelait autrefois l'esprit de sel et l'esprit de nitre, c'est-à-dire l'acide hydro-chlorique, et l'acide qu'on devrait appeler azotique, mais que sans motif valable on a nommé acide nitrique.

FOURNEAUX FRANÇAIS PORTATIFS.

Les fourneaux portatifs dont se servent les chimistes français, leur donnent un grand avantage sur les nôtres. Ceux qu'on vend à Paris sont formés de divers mélanges de terres réfractaires; le ciment de briques de Bourgogne, ou les tessons de tourille et de différents vases en grès, ou encore l'argile plastique calcinée et réduite en poudre grossière; l'une quelconque de ces matières, mêlée avec la moitié de son poids de glaise séchée, puis détrempée en mortier clair, forme une pâte dure qui pétrit le mieux possible et est très-convenable pour en former des fourneaux portatifs.

Voici comment on s'y prend pour construire ces petits fourneaux : on saupoudre avec du ciment une planche (un peu plus grande que la base du fourneau que l'on veut faire) mobile avec le plateau qui la porte sur un axe vertical; on pose dessus une boule plus ou moins grosse de la pâte ci-dessus indiquée; on l'aplatit en un cercle ou sous toute autre forme que l'on veut donner à la base du fourneau, et l'on élève la paroi latérale en soudant tout autour du plateau par pétrissage, des boulettes allongées de la pâte terreuse. Le mouvement de rotation que l'on imprime au plateau qui supporte la base, facilite l'érection de toutes les parties sans que l'ouvrier quitte sa place. Lorsque le fourneau est élevé à la hauteur de la première assise, on découpe les portes du foyer, du cendrier, et, lorsqu'il y a lieu, celle des regards, à l'aide d'une lame

mince de couteau; on saupoudre la superficie de la coupure, ainsi que toute celle du fourneau, avec du ciment tamisé fin. Si l'on veut que le fourneau soit divisé en plusieurs assises, il faut élever chacune d'elles à part, en ayant le soin de les faire de la même dimension que l'assise inférieure, et avec un degré égal d'humidité, afin que le retrait pendant le séchage et la cuisson étant égal, les assises séparées puissent se rapporter exactement les unes sur les autres. Le séchage des fourneaux doit s'opérer très-lentement, afin que leurs dimensions étant diminuées dans tous les sens, ils puissent se resserrer sur eux-mêmes sans déterminer des fentes. A cet effet, on ne laisse d'abord qu'un faible renouvellement d'air dans l'endroit où les fourneaux commencent à se dessécher. Si l'on voulait hâter la dessication sans courir le risque de faire fendre, on y parviendrait en frappant deux ou trois fois par jour, à petits coups répétés, sur toutes les faces du fourneau, avec une légère palette en bois, après l'avoir saupoudrée de ciment.

On complète la dessication en laissant les fourneaux dans une pièce échauffée, et lorsqu'ils paraissent complètement secs, ce qu'il est facile de reconnaître à leur aspect et au son qu'ils rendent en les frappant, il faut les faire cuire, soit en allumant du feu à leur intérieur, soit en les plaçant dans un four à poterie ordinaire.

Dans l'un et l'autre cas on élève peu à peu la température, afin que le retrait s'opère lentement; et lorsque la masse du fourneau a acquis la température rouge-clair, on ferme toutes les issues et on laisse refroidir.

Avant de faire usage des fourneaux, on les garnit de cercles à vis en fer et de bandelettes.

Si ces fourneaux ne sont point élégants, ils sont du moins fort commodes, et leur prix très-modique les met à la portée du plus pauvre chimiste.

FOURNEAU ÉVAPORATOIRE.

On se sert de ce fourneau pour évaporer les liquides et pour différentes opérations qui n'exigent qu'un faible degré de chaleur.

La figure 46 représente ce fourneau évaporatoire: *a* est le foyer, *b* le cendrier, *c* la porte du foyer qu'on ferme au moyen d'une petite porte en terre qui repose sur la saillie; *d* est la porte du cendrier, *e e* échancrures par lesquelles s'échappe l'air qui a servi à la combustion lorsque le fourneau est chargé d'une bassine ou d'une capsule.

Ce fourneau est toujours formé d'une seule pièce, et sa grille est remplacée par une plaque de terre percée de trous ronds. On charge le fourneau de charbon de bois, soit par le haut, soit par la porte de côté.

FOURNEAU A RÉVERBÈRE.

On se sert du fourneau à réverbère lorsqu'on veut exposer les corps à un degré de chaleur beaucoup plus fort que celui qu'on peut produire dans un fourneau évaporatoire. Les opérations qu'on fait dans ce fourneau s'exécutent presque toutes avec des cornues de grès, des tubes de porcelaine, ou des creusets de terre et de platine.

La figure 47 représente ce fourneau qu'on connaît en Allemagne sous le nom de Beccher: *a* est le foyer, *b* le cendrier, *c* la porte du foyer fermée comme celle du fourneau précédent par une petite porte mobile en terre; *d* est la porte du cendrier, *e* laboratoire séparé du foyer par deux barres de fer; *f* dôme du fourneau

qui sert à renvoyer la chaleur sur la cornue; *g* ouverture circulaire formée d'échancrures pratiquées partie dans la paroi du laboratoire, et partie dans la paroi du dôme servant à laisser passer le col de la cornue; *h h* anses du fourneau.

Les parties les plus exposées à la chaleur sont cerclées en fer pour leur donner plus de solidité: *i* passage dans la cheminée, dont on surmonte quelquefois le fourneau. On donne généralement au tuyau trois pieds de hauteur. Ces deux fourneaux ou plutôt le dernier seulement est à peu près le seul qu'emploient les chimistes français. On porte quelquefois la hauteur du tuyau jusqu'à six et même neuf pieds, afin d'augmenter le tirage; d'autrefois on adapte la douille d'un soufflet à l'ouverture du cendrier pour pouvoir augmenter le feu.

On adapte au besoin à ce fourneau un bain de sable en fer, en fonte ou en terre, qui garantit les vases de verre de l'action immédiate du feu. A cet effet on dispose le vase comme on le voit à côté de la figure 47, et l'on emplit l'enveloppe de sable jusqu'à une certaine hauteur. On donne à ce bain de sable un diamètre d'environ un demi-pouce moindre que celui du fourneau, et l'échancrure par laquelle on voit que passe le col de la cornue, correspond à l'échancrure inférieure du fourneau.

FOURNEAU A RÉVERBÈRE DE MACQUER.

Il existe encore une espèce de fourneau portatif qu'on appelle fourneau à réverbère de Macquer, du nom célèbre de son inventeur. Ce fourneau a sa chambre ou son laboratoire sur le côté.

La figure 48 est une section verticale de ce fourneau, à l'échelle d'environ un douzième, ou d'un pouce

par pied; la figure 49 en est une coupe horizontale, et la figure 50 la section verticale de la chambre dans laquelle on place le laboratoire, qui repose sur des briques : *a* est le cendrier, qui a neuf pouces de l'avant à l'arrière, sept pouces de largeur et huit pouces de hauteur; *b* est l'entrée du cendrier, qu'on ferme par une porte; *c* est le foyer avec sa grille : ce foyer a les mêmes dimensions que le cendrier, mais ses flancs sont renflés de manière à laisser huit pouces de largeur vers le milieu de la hauteur; *d* est la gorge, ou le passage de la flamme dans la chambre : cette gorge n'a que cinq pouces et demi de largeur vers le fond; sa face supérieure est en voûte; *e* est la chambre, qui, comme on le voit, a une forme ellipsoïdale, dont la longueur est de deux pieds, la largeur sept pouces, et la plus grande hauteur cinq pouces, c'est-à-dire qu'elle doit être aussi élevée que le passage *f*. L'assise du fond de la chambre a deux bons pouces d'épaisseur; elle est creusée en bassin, comme l'indique la ligne ponctuée. Le conduit *g*, qui est circulaire, a cinq pouces de diamètre; on le surmonte quelquefois d'une cheminée en terre de deux pieds de hauteur, qu'on allonge même souvent par un tuyau de fer de huit ou neuf pieds de longueur. Le toit de la chambre se projette en avant, de manière à couvrir le foyer par un demi-dôme *h*, qui recouvre un large gueulard. Enfin la chambre a deux ouvertures *i i* sur chacun de ses côtés, dont la première sert à introduire les vaisseaux ou les matières qu'on soumet à l'action du fourneau, et la seconde à admettre l'air et à surveiller les opérations.

Un chimiste qui a quelque expérience concevra bientôt toute l'utilité de ce fourneau; l'étudiant verra tout le parti qu'on en peut tirer, en relisant le chapitre *Réverbère à chambre de côté*.

FOURNEAU DE COUPELLE.

M. Thénard, dans son excellent ouvrage de Chimie théorique, a donné la description de deux fourneaux à moufle très-portatifs, que les Français appellent fourneaux de coupelle.

La figure 51 en montre la forme la plus ordinaire. Le cendrier *a* a six pouces de hauteur; il a une porte *b* sur le devant, de quatre pouces de hauteur et huit de largeur. Quelques chimistes se contentent de placer ce fourneau sur un trépied de fer; d'autres pratiquent encore des ouvertures sur le côté. Le foyer *c* et le laboratoire *d*, formés d'une seule pièce, ont un pied carré environ, et s'adaptent au cendrier. Au lieu de grille, les Français se servent généralement d'un plateau de la même terre que le fourneau, et percé de trous; cependant quelques-uns de leurs chimistes préfèrent, et avec raison, les grilles en fer. Trois portes *e e e* ouvrent dans le foyer: l'une est sur le devant, et les deux autres sur les côtés; elles ont huit pouces de largeur et quatre de hauteur, et sont fermées, comme on le voit, par des portes en terre.

On introduit la moufle *f* dans le laboratoire par l'ouverture arquée *g*, située sur le devant du fourneau. La moufle est soutenue à l'intérieur du fourneau, antérieurement, par une saillie de la paroi elle-même du fourneau, et postérieurement, par une brique traversant une ouverture carrée pratiquée à l'arrière du fourneau, dans laquelle cette brique est assujettie par de la terre. La moufle est un vase demi-cylindrique, ouvert, par une de ses extrémités, de quatre pouces de rayon, qui diffère, comme on voit, de nos moufles anglaises.

Au-dessus du foyer et du laboratoire, qui ont envi-

ron quinze pouces de hauteur, on place le dôme ou réverbère *i*. Ce dôme est une espèce de pyramide quadrangulaire de dix pouces de hauteur, se contractant au sommet en une section de huit pouces en carré environ. Il est percé sur le devant d'un grand gueulard *k*, de huit pouces de largeur à sa base, et de six pouces dans sa plus grande hauteur.

La cheminée du fourneau *n*, qui est circulaire, a environ quatre pouces de diamètre et huit à douze pouces de hauteur. On la surmonte ordinairement d'un tuyau de tôle, afin d'augmenter le tirage.

Le grand nombre d'ouvertures pratiquées dans ce fourneau a pour but de rendre faciles les soins qu'exige la coupellation. Les différentes parties de ce fourneau sont cerclées par des bandes de fer serrées avec des vis et des écrous, qui servent à en maintenir les différentes parties.

Baumé parle de deux auges en tôle *p p*, qu'il introduisait dans le foyer de ce fourneau, en laissant entre elles un espace d'un pouce, pour permettre à l'air échauffé de s'élever. Il pouvait distiller avec quatre ou six petites cornues à la fois au moyen de ces auges, en élevant tant soit peu le dôme du fourneau.

FOURNEAU LITHOGÉOGNOSIQUE DE MACQUER.

Le Dr Macquer a décrit, dans les Mémoires de l'Académie des sciences pour 1758, un autre fourneau qu'on peut employer avec succès quand les opérations exigent un haut degré de chaleur. On le connaît sous le nom de fourneau lithogéognosique de Macquer, bien qu'il ait été copié dans la lithogéognosie de Pott.

Les figures 52 et 53 sont la face et le profil de ce fourneau.

Le foyer *a* est ouvert à son fond : on ne conserve

qu'une saillie d'un pouce et demi tout à l'entour, qui supporte les barres de la grille. Ces barres sont au nombre de sept, placées à un demi-pouce de distance, une des arètes du prisme qu'elles forment tournée en haut. Il y a onze pouces de distance d'un flanc à l'autre, et treize pouces de l'avant à l'arrière. Le fourneau n'a point de cendrier; il repose sur un trépied en fer *d* de six pouces de hauteur, de sorte que l'air pénètre de tous côtés.

A trois pouces et demi au-dessus de la surface de la grille est la porte du foyer *b*, par laquelle on introduit une moufle. Cette ouverture est demi-circulaire, et décrite par un rayon d'un pouce et demi; elle a donc trois pouces à sa partie inférieure. On la ferme par une plaque. Il faut remarquer que le foyer renfle sur les côtés, de manière à laisser plus d'espace entre la moufle et les flancs du fourneau pour le feu. A six pouces environ au-dessus de cette porte le foyer se contracte, de sorte qu'à environ un pied au-dessus de la grille, sa section intérieure n'est plus que de huit pouces en carré; mais le mur de derrière s'élève toujours perpendiculairement; le dôme forme une pièce séparée du foyer. Il est percé à l'avant, à huit pouces au-dessus de la partie la plus élevée de la porte *b*, d'une ouverture *c* qui sert de gueulard, à laquelle on donne le plus de largeur et de hauteur possible, afin de pouvoir jeter d'un seul coup une bonne quantité de combustible. Cette ouverture est fermée par une plaque en terre.

Toutes les parties que nous avons décrites sont construites avec de l'argile apyre, qu'on trouve à Vaugirard, près Paris; elles ont deux pouces d'épaisseur.

Le passage dans la cheminée (the vent) a huit pouces de diamètre, et la cheminée en terre *e* qu'on y adapte a six pouces de diamètre intérieur, un pouce d'épais-

seur, et s'élève de deux pieds environ. On la surmonte ordinairement d'un tuyau en tôle de même diamètre et de douze pieds de hauteur. Les moufles dont on se sert dans ce fourneau ont huit à neuf pouces de long; elles sont demi-circulaires, d'un pouce et demi de rayon, et fermées de tous côtés, excepté sur le devant, par des parois d'une ligne et demie à deux lignes d'épaisseur. Elles peuvent contenir dix petits creusets à la fois.

Le D[r] Macquer, dans les Mémoires de 1767, rapporte quelques expériences faites dans un fourneau de ce genre, ayant deux pouces de plus que celui que nous venons de décrire dans toutes ses dimensions; elles ont un grand intérêt en ce qu'elles montrent les effets qui résultent des changements dans la longueur et le diamètre de la cheminée.

Ce grand fourneau, dont le foyer avait donc quinze pouces de l'avant à l'arrière et treize pouces de largeur, surmonté d'une cheminée de huit pieds de hauteur avec un diamètre de six pouces, consumait une voie ou environ cent trente livres de charbon par heure. Ainsi chargé, il *ronflait* avec un tel bruit qu'on eût cru entendre une voiture passant sur un pont, et que toute la verrerie du laboratoire était en vibration.

Après trois heures de *chauffe*, on retira les matières du fourneau, et l'on trouva 1° qu'une pierre de Norwége, assez semblable à la craie de Briançon, avait simplement durci à l'extérieur; 2° de l'argile qui avait été délayée et de l'argile qui ne l'avait point été, avaient durci à l'extérieur, mais ne montraient aucun signe de fusion; 3° une substance cristalline très-dure fut entièrement fondue et réduite en un verre blanc laiteux; 4° le gypse se fondit; 5° l'oxide d'étain, traité par l'acide nitrique, prit une couleur rouge, et avait commencé à se fondre. On avait choisi ces substances pour

l'expérience, parce que M. Pott n'avait jamais pu parvenir à en opérer la fusion.

On porta ensuite la cheminée à quatorze pieds; mais, bien que le feu fût entretenu pendant sept heures consécutives, les résultats qu'on obtint furent inférieurs aux précédents.

Enfin on donna seize pieds à la cheminée et huit pouces de diamètre; un feu continu de trois heures et demie produisit des résultats plus grands que ceux obtenus par la dernière expérience.

Les effets furent au moins égaux à ceux qu'obtint M. d'Arcet dans le fourneau à porcelaine du comte de Lauraguais, qu'on échauffa par un feu de bois, entretenu plusieurs jours de suite; cependant une grande partie de la chaleur du fourneau fut dissipée en pure perte; car la cheminée était rouge jusqu'à la hauteur de six pieds.

Guyton de Morveau rapporte, dans le tome XXIX des Annales de chimie, quelques expériences, qu'il tenta avec un des fourneaux même du Dr Macquer. Nous ignorons si c'était le premier ou le second des fourneaux de ce savant; nous avons lieu de croire cependant que c'est du dernier qu'il est question dans son rapport. Guyton de Morveau chercha à augmenter le tirage d'après les principes de Venturi.

Il employa une cheminée de huit pieds. La partie inférieure, qui avait trois pieds et demi, était cylindrique et d'un diamètre de deux pouces et un quart; la partie supérieure avait quatre pieds et demi de hauteur, et s'élargissait graduellement jusqu'au sommet, où son diamètre se trouvait avoir cinq pouces et un tiers.

Après une chauffe d'une heure et demie, le pyromètre de Wedgewood marqua 154 degrés; mais il y

avait évidemment eu rétrogradation; car la pesanteur spécifique n'était plus que de 2.255. Un vase de platine exposé à cette chaleur avait beaucoup plus souffert qu'après avoir été exposé au feu d'une forge à trois tuyères, où le pyromètre marquait 174 degrés. Ce vase commença à fondre par les bords dans le fourneau de Macquer, tandis que dans la forge quelques-unes de ses parties seulement s'enflèrent, et présentèrent la forme de petits choux-fleurs.

Guyton ajoute que les vases de platine placés sur un fromage d'argile apyre, et couverts d'un creuset renversé, sont ce qu'on peut employer de mieux dans les expériences sur la fusion des minéraux.

CALÉFACTEUR-LEMARE, OU CUISINE PORTATIVE.

Il entre tout-à-fait dans le plan de notre ouvrage de faire connaître un fourneau très-économique, connu sous le nom de Caléfacteur-Lemare, d'après celui de son inventeur.

La figure 54 est une section de ce fourneau: *abcd* est un vase cylindrique soudé à un vase cylindrique semblable, qu'il enveloppe de toutes parts; cette espèce de vase double est ouvert à sa partie supérieure, et le double disque qui forme son fond est percé d'un trou *h*, qui fait communiquer l'intérieur du petit cylindre avec l'air extérieur; un registre *he* permet de supprimer à volonté cette communication. La capacité comprise entre les deux enveloppes n'a que trois petites ouvertures: l'une à la partie supérieure *k*, destinée à verser l'eau dans la double enveloppe; une autre inférieure *b*, garnie d'un robinet pour tirer l'eau, et la troisième *l*, que la première peut suppléer, puisqu'elle est destinée seulement à conduire la vapeur au dehors, à l'aide d'un tube recourbé *lm*.

Un vase cylindrique *i* entre dans le vase ci-dessus décrit; il lui est concentrique, laisse deux lignes d'intervalle seulement, et, s'appuyant par ses bords supérieurs sur les bords de l'autre, il ne descend que jusqu'à une certaine profondeur; le reste de l'espace libre contient un disque *eg* troué, en tôle, dont les bords relevés arrivent très-près de la paroi intérieure du grand vase; ce disque est maintenu à six lignes du fond par ses trois pieds, qui posent sur ce fond. Un troisième vase *p*, également cylindrique, fermé par un couvercle à recouvrement, entre d'une partie de sa hauteur dans le second, et le couvre exactement; enfin une anse *afd* permet d'enlever tout ce système à la fois, et un tissu ouaté *rstu* enveloppe à volonté tout l'appareil.

D'après la construction que nous avons indiquée, l'on voit que la double enveloppe du grand vase *abcd*, le vase intérieur *i*, et enfin le vase à couvercle *p*, étant remplis d'eau, et la capacité de l'eau pour la chaleur étant très-grande, en échauffant toute cette masse on a un magasin de chaleur assez considérable; si, de plus, au moyen de l'enveloppe ouatée, on évite la plus grande partie de la déperdition de la chaleur par les parois extérieures des vases, on conçoit que la température acquise dans tout ce système s'y maintiendra long-temps; que l'on ajoute à cela une production de chaleur très-économique, ce qui a lieu effectivement, puisque le charbon brûle au milieu de surfaces propres à absorber puissamment toute la chaleur, et que les produits de la combustion passent en couches très-minces entre des parois très-conductrices, et l'on aura une idée des avantages que le caléfacteur présente dans ses applications à l'économie domestique, et particulièrement dans la préparation du bouillon.

Nous entrerons dans quelques détails relativement à celle-ci. On concevra facilement les modifications que les autres pourraient nécessiter.

Après avoir mis l'eau et la viande dans le vase intérieur, que l'on peut appeler la *marmite*, le vase extérieur ayant été aussi préalablement remplie d'eau, on allume des morceaux de charbon dans le foyer, c'est-à-dire sur le disque de tôle *e g*; on descend la marmite dans son enveloppe; elle doit d'abord être placée de manière à ce que ses bords ne s'appliquent pas exactement sur les bords du grand vase, et pour cela il suffit que sa position soit telle que trois petites saillies ménagées sous le bord ne correspondent pas aux trois entailles du bord de l'enveloppe; le passage qui reste suffit pour le dégagement des gaz de la combustion. On laisse les choses en cet état jusqu'à ce que l'ébullition s'établisse dans l'enveloppe, puis dans la marmite; elle s'annonce dans l'enveloppe par un petit jet de vapeur que l'on aperçoit à l'extrémité *m* du tube *l m*; ce qui arrive ordinairement dans l'espace de trente-six à quarante minutes; alors on la découvre, on écume, on ajoute le sel et les légumes, puis on fait porter les bords des vases intérieur et extérieur l'un sur l'autre en tournant les saillies de la marmite, en sorte qu'elles correspondent aux entailles du bord de l'enveloppe; on replace le vase supérieur *o p*, dont l'eau a déja été échauffée par la première ébullition, et on pousse le registre *h c*. Tout accès de l'air est alors interrompu; on couvre le tout avec l'enveloppe ouatée, et la combustion s'arrête en diminuant peu à peu : il n'y a plus à s'en occuper jusqu'à la fin de l'opération.

M. Thénard, qui s'est servi long-temps du caléfacteur, a observé qu'en opérant de cette manière il fallait, vers les deux tiers de l'opération, ranimer les charbons,

et pour cela laisser un peu d'accès à l'air, et d'issue au gaz, en sorte que l'ébullition se manifestât de nouveau, et aussitôt pousser le registre; que si l'on voulait se dispenser de ce soin, il fallait, une fois la marmite écumée, laisser, pendant tout le cours de la coction, un passage de quelques millimètres entre le bout du registre et le trou circulaire, et que l'on pourrait encore s'épargner la peine de mesurer cette distance, en perforant le bout du registre de quelques très-petits trous; leurs nombre et dimension seront d'ailleurs déterminés par l'expérience : au bout de six heures au plus le bouillon est fait, la viande et les légumes parfaitement cuits, et l'on a de plus une assez grande quantité d'eau chaude dans les vases extérieurs.

Tous les avantages de cet appareil sont faciles à saisir. On sait que, pour obtenir un bon bouillon, il faut, même avec la meilleure viande, que le pot bouille à peine, afin d'éviter la déperdition de l'arôme; le caléfacteur remplit parfaitement cette condition essentielle, puisqu'il conserve, pendant tout le temps nécessaire, la température près du degré de l'ébullition. Cet appareil est assez dispendieux, mais il n'exige presque aucun soin : la viande est toujours cuite à propos, et le bouillon meilleur que par les procédés ordinaires; de plus, on a, dans l'enveloppe extérieure, plusieurs litres d'eau chaude qui peuvent être utilisés pour les lavages; la viande et le bouillon peuvent se conserver suffisamment chauds pendant plusieurs heures après leur préparation; on peut, sans inconvénient, mettre dans la marmite des quantités moindres que le maximum de ce que sa contenance permet. Rien n'empêche que le pot au feu se fasse presque entièrement, en l'absence de celui qui est chargé de ce soin, avantage précieux pour les malades et les ouvriers, qui peuvent,

en rentrant de leur travail, trouver un aliment qu'il leur est souvent impossible de se procurer, parce que le temps leur manque pour le préparer.

Cet appareil est non-seulement propre à la préparation du bouillon, mais à cuire presque tous les légumes et les viandes ; il suffirait, pour en étendre les applications dans l'économie domestique, d'avoir plusieurs marmites de rechange et de les diviser en compartiments.

Le caléfacteur est avantageux relativement à la dépense du combustible ; en effet, deux cent quatre-vingts grammes de charbon, terme moyen, suffisent pour un pot au feu de trois kilogrammes de viande et quatre litres et demi d'eau ; d'après cela, une voie de bon charbon dont le poids est de cinquante-cinq kilogrammes, lorsque ce charbon vient de la rivière d'Yonne, et qu'il est bien mesuré, suffirait pour faire à peu près deux cents pots au feu de six livres. L'expérience suivante, qu'ont faite MM. Fourier et Thénard, démontre d'une manière plus précise les avantages de cet appareil sous le rapport de l'économie du combustible.

13.5 litres d'eau, à 22° centigrades ont été mis dans le vase extérieur, et 15.5, à la même température, dans le vase intérieur ; un kilogramme de charbon a été allumé dans le foyer, on a arrêté l'opération au bout de trois heures trois quarts ; le charbon restant a été étouffé, pesé et déduit du poids primitif : on a vu que la quantité consumée était de neuf cent dix-huit grammes.

L'eau étant revenue à la température observée au commencement,

le vase intérieur en contenait (litres)..	13.69	22.69
le vase extérieur....	9	
La quantité d'eau vaporisée était donc de.....		6.31

Par conséquent, une partie de charbon a porté, dans

cette expérience, 31.5 d'eau de 22° à 100, et de plus, vaporisé 6.89 d'eau à 100°; résultats qui prouvent qu'une partie de charbon aurait été capable d'en vaporiser 9.42 d'eau, dont la température primitive aurait été à 0°. En théorie, le charbon ne peut vaporiser que 10.8, son poids d'eau; d'où l'on voit qu'en tenant compte de l'élévation de température des vases qui pesaient six kilogrammes à peu près, que la chaleur employée équivaut aux 0.9 du maximum théorique; ce qui est beaucoup comparativement à tous les appareils généralement en usage.

Le traducteur se fait un devoir de déclarer que l'auteur a emprunté les détails précédents sur le caléfacteur, au Dictionnaire Technologique.

M. Gray pense que cette espèce de fourneau n'est autre que celui dont se servent les Japonais un peu aisés, et qu'ils emportent avec eux en voyage ou dans une partie de plaisir, pour se procurer, quand il leur plaît, une tasse de thé dont on sait qu'ils font une grande consommation.

La figure 55 représente quelques pièces accessoires, qui servent à cuire les *rôtis*.

w est un support en fer avec deux poignées qu'on descend dans le caléfacteur à la place de la bouilloire *i*, et qui maintient le vase de fer *x* à environ trois pouces au-dessus du charbon contenu dans *e g*.

On remplace alors la bouilloire supérieure *p* par le vase *y*, dont les entailles latérales laissent passer les poignées *w* de la rôtissoire. Au-dessus de ces entailles ce vase porte un fond et un tuyau qui laisse passer les vapeurs de la viande. Ce dernier vase, comme les deux autres, peut se diviser en deux ou trois compartiments, dans lesquels on fait cuire deux ou trois plats différents. Il est hermétiquement fermé par un cou-

vercle *z*, percé en son milieu d'un trou qui reçoit le bout du tuyau du vase qu'on peut d'ailleurs fermer par un registre lorsqu'on le juge à propos.

Ce caléfacteur ou cuisine portative, réverbère assez de chaleur pour rôtir les pièces de viande ou de volaille placées en *x*. Quand elles sont suffisamment cuites on ferme les registres du haut et du bas, et le rôti se maintient à une bonne chaleur pendant une heure ou deux, si l'on diffère pour le servir.

En supposant que l'on emploie deux livres d'eau pour une livre de viande, ce qui est le taux ordinaire, M. Lemare a établi le prix de ses appareils en fer-blanc, suivant leur contenance, indiquée par des numéros :

N° 1	= 1	livre de viande	2	livres d'eau...	15 fr.
2	= 2	+	4	id.	18
3	= 3	+	6	id.	22
4	= 4	+	8	id.	27
5	= 5	+	10	id.	32

Espérons qu'à l'expiration de son brevet M. Lemare, après avoir recueilli les fruits de sa découverte, rendra l'usage de son appareil encore plus universel en diminuant les prix indiqués ci-dessus, qui le mettent hors de la portée de la classe à laquelle il serait le plus nécessaire.

FOURNEAUX-LAMPES.

Parmi les nombreuses lampes dont on se sert dans les laboratoires pour les expériences sur de petites échelles, la plus commode est celle à l'esprit-de-vin.

D'abord la flamme de l'alcohol ne produit pas de fumée, ce qui est un avantage précieux. Si l'on expose à la flamme d'une chandelle une capsule ou un

petit creuset de platine, ils seront bientôt recouverts d'une légère couche de suie qui, à cause de son grand pouvoir émissif, tend à diminuer la température que le vase pourrait prendre. Si l'on se sert, au contraire, d'une lampe à esprit-de-vin, les vases ne se noirciront pas, et la température s'élèvera davantage; de plus, cette couche de suie que dépose la flamme d'une chandelle, ternit le verre, le rend opaque, et le prive ainsi de sa propriété la plus essentielle.

Les lampes ont, d'ailleurs, cet autre avantage, qu'en élevant plus ou moins la substance au-dessus de la flamme, on lui communique moins ou plus de chaleur, c'est-à-dire qu'on règle facilement la température. Toute petite bouteille plate peut faire une lampe à esprit; mais, afin de prévenir l'évaporation de l'alcohol, il est nécessaire de recouvrir cette bouteille d'un couvercle de verre, qui s'adapte bien au goulot, et qui soit percé d'un trou qui ne laisse passer bien juste que la mèche.

Nous ferons remarquer ici que la place où se fait sentir la plus grande chaleur dans la flamme non agitée d'une lampe à esprit-de-vin, est précisément le sommet; cependant, lorsqu'on veut échauffer un corps volumineux, il vaut mieux généralement le mettre un peu plus bas dans la flamme que précisément au point le plus ardent; la flamme entoure alors plus complètement le corps: l'on peut faire rougir ainsi facilement un petit creuset ou une cuillère de platine, tandis que, dans une partie plus rapprochée du sommet, ces vases s'échauffent moins, par l'effet du contact continuel de l'air ambiant. Les lampes à esprit-de-vin ordinaire donnent une flamme d'une hauteur qui ne surpasse pas deux pouces, la mèche étant en coton tressé d'environ un quart de pouce de diamètre.

On emploie encore les lampes d'Argand ordinaires pour les évaporations et opérations semblables qui n'exigent point une grande chaleur. Cette lampe est disposée, avec quelques anneaux, sur un support où elle glisse à frottement, et est retenue à la hauteur convenable par une vis de pression, comme on le voit figure 56.

Mais ces lampes ont le désavantage de laisser dissiper, par l'air ambiant, une grande partie de la chaleur qu'elles produisent.

FOURNEAU-LAMPE DU DOCTEUR PERCIVAL.

Le docteur Perciva1 a remédié à cet inconvénient.

La figure 57 montre la lampe de ce docteur, dont la figure 58 est une section. Elle se compose d'un corps cylindrique *a*, d'environ quatre pouces de diamètre, et de neuf pouces et demi de hauteur, surmonté d'un laboratoire *b*, qui n'est autre chose qu'un cône tronqué renversé, de six pouces et demi de plus grand diamètre. Cette forme conique lui permet de recevoir des vases de toute grandeur. A l'intérieur du laboratoire on voit six tubes *c c c*, d'un quart de pouce de diamètre qui, en éloignant le vase de la paroi, laissent un passage suffisant pour l'air échauffé. Trois de ces tubes reçoivent chacun une tige de fer recourbée *z*, dont les extrémités convergent pour recevoir le fond des vases qui auraient moins de quatre pouces de diamètre.

A l'un de ces tubes *c*, et pendant que la lampe brûle, on adapte le petit tuyau *y*, qui communique avec le réservoir, et fournit graduellement de l'huile à la lampe à travers une ouverture qu'on pratique à cet effet. La lampe, qui se trouve à l'intérieur du fourneau

est construite sur le principe d'Argand, c'est-à-dire qu'elle se compose d'un cylindre creux qui renferme l'huile. Le diamètre extérieur du porte-mèche a un pouce et demi, figure 58, et le diamètre intérieur du cylindre *e*, qui laisse passer l'air, a un pouce et un quart.

La lampe est portée sur deux tiges en croix *f*, fixées à l'extrémité du tube *g*, qui se meut facilement sur l'axe *h*, et qu'on arrête à la hauteur nécessaire au moyen du ressort *i*, dont on voit que l'extrémité entre dans les trous de l'axe.

Dans le corps du fourneau est une ouverture *k*, figure 57, qui sert à ajuster la lampe, et qu'on ferme par un registre. La chaleur s'accroît d'autant par des causes assez visibles pour qu'il soit inutile de les développer. On charge le cul de la lampe avec du plomb pour lui donner plus de stabilité.

On a cherché à déterminer si la chaleur s'augmentait en diminuant le passage intérieur du porte-mèche. Pour cela on fit entrer dans cette ouverture un obturateur d'un demi-pouce de diamètre, qu'on y maintint au moyen d'un ressort, cet obturateur ne laissant pour le passage de l'air qu'un trou circulaire d'un huitième de pouce d'ouverture.

On observa alors, au moyen d'un thermomètre et d'une bonne montre, la marche du calorique dans une certaine quantité de mercure que renfermait un vase de verre placé dans le laboratoire; premièrement en laissant le passage libre, deuxièmement en employant l'obturateur; le fond du vase était à une distance d'un pouce et sept huitièmes du bord du porte-mèche.

Le résultat de ces observations est contenu dans le tableau suivant. Le thermomètre placé dans le mer-

cure marquait avant l'opération 113.5 sans obturateur.

Minutes d'observation.	Température.	Élévation de température en une minute.
1	143.5	30
2	174	30.5
3	203	29
4	231	28
5	256	25
	En cinq minutes...	142.5 degrés.
	Avec obturateur.	
6	292	36

L'accroissement de température diminua pendant la sixième minute, parce qu'on fut obligé d'abaisser la lampe pour y introduire l'obturateur.

7	335	63
8	409.5	54.5
9	458	48.5
10	500	42
	En cinq minutes...	244 degrés.

Il est évident que l'addition de l'obturateur a la plus grande influence sur l'accroissement de la température, puisqu'il résulte du tableau qu'à mesure que la température du mercure s'élève, les accroissements dans un temps donné, les circonstances restant les mêmes, diminuent; et que cependant la somme de ces accroissements pendant les cinq secondes minutes excède de beaucoup celle des cinq premières.

On tenta encore de diminuer le passage intérieur du porte-mèche, en adaptant un anneau à l'obturateur, qui augmenta son diamètre de sept huitièmes de

pouce, et réduisit, par conséquent, la largeur du passage circulaire à trois seizièmes de pouce.

Le tableau suivant montre les effets de cette modification. Dans cette expérience la lampe brûlait moins vivement que dans l'autre. La température du mercure était, avant l'opération, de 113.5 degrés.

Sans obturateur.

Minutes d'observation.	Température.	Accroissement par minute.
1.........	135	21.5
2.........	157.5	22.5
3.........	177	19.5
4.........	196	19
5.........	213	17
	En cinq minutes...	99.5 degrés.

Avec obturateur élargi.

6.........	247	34
7.........	329	82
8.........	402.5	73.5
9.........	468	65.5
10.........	524	56
	En cinq minutes...	311 degrés.

Puisque la différence de 311 à 99.5 est plus grande que celle de 244 à 142.5, il paraîtrait que l'obturateur élargi présente un avantage considérable.

On a déterminé, par une autre expérience, dont le tableau suivant présente les résultats, les effets comparés de deux espèces d'obturateurs.

Lampe munie du grand obturateur.

Température du mercure, 125 degrés.

Minutes d'observation.	Température.	Accroissement par minute.
1	175	50
2	228	53
3	274	46
	En trois minutes...	149 degrés.

Lampe munie du petit obturateur.

Température du mercure, 125 degrés.

1	170	45
2	214	44
3	254	40
	En trois minutes...	129 degrés.

Il paraît donc que, dans les lampes de cette espèce, il y a avantage à réduire même considérablement le passage interne que traverse l'air atmosphérique. On n'a point encore déterminé quelle devait être au juste la dimension de cette ouverture; mais il paraît probable qu'elle ne pourrait, sans inconvénient, être moindre que celle de la dernière expérience.

LAMPE A BAIN DE SABLE DE BAUMÉ.

Les fourneaux-lampes de Baumé sont bien préférables au dernier, lorsqu'il s'agit de distiller à une chaleur douce, au bain de sable ou au bain-marie. Il remarque, à ce sujet, que les lampes exigeant moins d'attention et de soins que les petits fourneaux à bois ou à charbon, sont généralement préférées.

M. Baumé construit ses lampes en tôle, et y brûle de l'huile d'olive. On peut employer toute autre espèce

d'huile dont la combustion ne produit que peu de fumée. On donne à la lampe quatre, cinq ou six mèches de coton ou d'amianthe qu'on coupe et qu'on arrange avec des ciseaux, et dont on n'allume qu'un certain nombre selon le degré de chaleur qu'on désire.

La figure 59 représente le fourneau-lampe à bain de sable de Baumé ; *a* est le corps en tôle du fourneau : il est percé de trois ou quatre ouvertures vers le fond pour laisser passer l'air; une autre ouverture demi-circulaire *b* reçoit la branche de la lampe qui contient les mèches, et passe à l'intérieur du fourneau; *c d* est la lampe elle-même, *c* est un réservoir en verre pour l'huile : il ressemble à ceux qu'on place dans les volières pour y faire des jets d'eau, si ce n'est que son orifice est fermé par une petite soupape de fer-blanc, qui empêche l'écoulement de l'huile lorsqu'on l'adapte au fond *d* de la lampe, ou qu'on l'en retire. L'opérateur peut se dispenser de cette pièce, à la rigueur il en sera quitte pour se graisser un peu les doigts et répandre, peut-être, un peu d'huile. Le fond *d* est en fer-blanc et soudé, comme on le voit, à la branche *b*, dont la longueur est suffisante pour pénétrer, comme nous l'avons dit, à l'intérieur du fourneau. Les mèches y sont disposées sur deux rangs parallèles. Au-dessus du corps du fourneau on voit le bain de sable *e*, qui est aussi en tôle, et qui s'enfonce de deux ou trois pouces dans le corps *a*, à l'orifice duquel il reste suspendu par un petit rebord. On place la cornue *f* dans le bain de sable, et on y lute un récipient *g*.

Au moyen de ce fourneau-lampe, on distille les esprits, on rectifie quelques huiles essentielles, et on peut faire beaucoup d'autres opérations. Il est d'un usage très-commode.

LAMPE A BAIN-MARIE DE BAUMÉ.

L'appareil qu'on adapte à la lampe de Baumé, pour la distillation au bain-marie, est un peu plus compliqué.

La figure 60 le représente. Le corps du fourneau et de la lampe demeurent comme pour le bain de sable; mais, au lieu du bain de tôle, on adapte à l'ouverture du fourneau un vase de fer-blanc *f*, qui contient l'eau dans laquelle plonge un appareil de verre ou d'étain *g*. Un couvercle *h*, qui ferme bien hermétiquement, recouvre le bain. Il est muni d'une douille *i*, qui laisse passer la vapeur, et sert aussi à renouveler l'eau du bain. De plus, il est percé au sommet d'une ouverture que traverse la gorge de l'appareil. Un chapiteau en verre *k*, est luté au sommet avec du papier enduit de colle ordinaire ou d'empois; et ce chapiteau est enfermé dans un réfrigérant *l*, en plomb laminé, muni d'un robinet qui sert à évacuer l'eau qui s'échauffe et percé vers l'autre côté d'un orifice que traverse le col de l'alambic. Les joints du réfrigérant et du chapiteau doivent être bien bouchés par du lut gras, qu'on recouvre ensuite de linge enduit de fromage et de chaux.

On emploie ce fourneau avec beaucoup d'avantage dans quelques opérations de parfumerie.

LAMPE A RÉVERBÈRE DE BAUP.

Quelques recherches expérimentales exigent que les produits sur lesquels on opère soient préalablement desséchés. On y parvient en faisant passer un courant d'air chaud sur ces matières, et l'appareil qu'on emploie le plus généralement en France est l'étuve à quinquet de M. d'Arcet.

Cette étuve, dont on trouve la description dans le Traité de Chimie du célèbre Thénard, se compose d'une caisse rectangulaire en sapin; mais la température qu'elle produit ne s'élève que difficilement à celle de l'eau bouillante, c'est-à-dire au bout seulement de plusieurs heures. Au moyen du perfectionnement qu'y a apporté M. Baup de Vevay, ce chimiste est parvenu à produire une température de 150 degrés centigrades.

L'étuve de M. Baup, représentée figure 61, est un cylindre composé de trois parties s'emboîtant les unes aux autres; chaque partie se forme de deux pièces de carton bien collées ensemble. Le cylindre du bas *a*, de huit pouces de diamètre et d'un pied de hauteur, est fermé par le bas d'un cercle de carton percé à son centre d'un trou, que traverse la cheminée de verre d'une lampe d'Argand. Il est enveloppé par un autre cylindre de carton d'un rayon plus grand (deux pouces environ), et l'espace laissé entre les deux cylindres est rempli de coton cardé ou de laine, et recouvert par une bande de carton. Vers le sommet du premier cylindre est une saillie de même matière, qui sert à supporter de petites tringles en fil de fer *b*, dont on forme la grille sur laquelle on place les substances à dessécher. *c* est une plaque de fer percée de trous ronds sur son bord, qui sert, comme le champignon de l'étuve à quinquet de M. d'Arcet, à distribuer également la chaleur. Elle est soutenue par trois montants en fer, comme on le voit dans la figure.

Au-dessus de ce premier cylindre s'en élève un second *d*, de neuf pouces de hauteur, qui, comme le premier, a une saillie de carton *b*, pour recevoir une petite grille en fil de fer. Celui-ci porte à son flanc un petit carreau de vitre.

La troisième pièce *e* n'a que trois pouces de hauteur. Elle est fermée au sommet par un cercle de carton, percé à son centre d'un trou circulaire un peu plus large que celui de la base inférieure, traversée par la cheminée; on place quelquefois au-dessus de ce trou une petite vitre *f*, qui ferme plus ou moins l'ouverture, selon le besoin.

L'ensemble de ce système est maintenu par un châssis en fer *h*, attenant à un des murs du laboratoire, ou par les anneaux d'un support de grande dimension dont le pied serait bien chargé.

Avant d'avoir ajouté le cylindre extérieur, qui sert d'enveloppe au premier, la température, à la grille inférieure, ne s'élevait jamais au-dessus de 120 degrés centigrades. Avec ce cylindre seul, elle s'éleva à 130 degrés. En remplissant de charbon de bois l'espace laissé entre les deux cylindres, il fallut bien plus de temps pour obtenir la même température, qui demeura constante; mais lorsqu'on eut remplacé le charbon de bois par de la laine, du coton cardé ou des plumes, la chaleur s'éleva à 150 et même 160 degrés centigrades, quoique beaucoup moins rapidement.

Pour obtenir le maximum d'effet de cette étuve, il est nécessaire de boucher avec de la laine ou du coton l'espace laissé entre la cheminée de la lampe et le fond de l'étuve, et même de fermer l'ouverture au sommet, autant qu'il se pourra sans faire fumer la lampe.

DES CHALUMEAUX.

Les orfévres, minéralogistes, émailleurs, bijoutiers, etc., font un fréquent usage du chalumeau pour opérer des soudures de peu d'étendue, analyser les

substances minérales par la chaleur, monter des diamants, etc., etc.; en un mot, toutes les fois qu'on veut fondre une petite quantité de métal ou de minerai; mais cet instrument fatigue les lèvres et les joues, pour peu que l'opération soit de quelque durée. C'est à ces inconvénients qu'on doit les perfectionnements qu'y ont apporté les minéralogistes. Avant de décrire ces instruments en détail, il ne sera pas inutile de dire un mot sur la manière de s'en servir.

La première chose à acquérir, pour se servir du chalumeau, est l'habitude de souffler d'une manière sûre et constante. Il est aisé, en soufflant dans un chalumeau à la manière ordinaire, de produire un courant d'air qui, dirigé sur une chandelle allumée, fasse naître un jet de flamme clair et régulier; mais l'on s'apercevra bientôt que cette manière d'opérer est incertaine et fatigante pour les poumons, et qu'il faut avoir recours à l'action des muscles des joues pour produire un courant d'air continu. Il faut bien se rappeler qu'il est moins important de produire un courant fort qu'un courant régulier et constant, quelque faible qu'il puisse être.

Voici, à cet égard, ce que M. Berzélius prescrit dans son ouvrage sur l'emploi du chalumeau : « Pour atteindre le maximum de chaleur, il ne faut souffler ni « trop fort ni trop doucement. Dans le premier cas, la « chaleur est enlevée aussitôt que produite par l'impétuosité du courant d'air; de plus, une partie de cet « air s'échappe sans contribuer à la combustion : dans « le second cas, il n'arrive pas assez d'air pour un temps « donné. »

On devra chercher d'abord à suppléer pendant quelques instants à l'action des poumons par celle de la bouche, en ne chassant dans l'intérieur du chalumeau

que l'air qu'elle contient. Cette pratique, très-simple et très-facile à acquérir, n'est pas susceptible néanmoins d'être décrite avec une grande précision. L'on devra s'exercer à remplir sa bouche d'air, et à la maintenir dans cet état en respirant seulement par les narines. Si l'on place alors un chalumeau entre les lèvres, en communication avec l'intérieur de la bouche, l'on pourra, par la seule action des muscles des joues et de la mâchoire, chasser l'air dans l'intérieur du chalumeau, sans que les poumons prennent aucune part à cet effet; et si la respiration continue à s'opérer par les narines, en tenant la capacité de la bouche entièrement pleine d'air, l'on pourra continuer long-temps à souffler de la sorte, sans éprouver d'autre inconvénient qu'un peu de lassitude dans les muscles des joues.

La lampe, chandelle ou bougie dont on se sert doit être placée à une hauteur convenable, pour que le bras qui porte le chalumeau puisse être solidement appuyé sur la table; ce qui fournit une grande facilité. L'on doit surtout, en commençant, s'efforcer d'obtenir un dard tellement constant et régulier, qu'il paraisse tout-à-fait immobile, et cependant pouvoir à volonté en changer la direction, afin de porter l'action de la chaleur sur tous les points nécessaires.

Une petite portion de la flamme, à sa naissance, donne une lumière vive et éclatante; mais, un peu plus loin, elle prend une forme conique d'un bleu-clair, et se termine par un prolongement d'un jaune-pâle, qui s'étend quelquefois à un pouce au-delà de l'extrémité de la flamme bleue.

Le point où se trouve la plus haute température est précisément l'extrémité du cône bleu; la combustion y est complète, et il se trouve moins exposé que les autres parties aux causes de refroidissement. Il est plusieurs

parties de la flamme qui possèdent des propriétés particulières qu'il est bon de faire connaître. En dehors de la flamme bleue, la combustion est terminée, tout le combustible est complètement brûlé; l'oxygène s'y trouve dès-lors en excès, et cet excès s'accroît à mesure qu'on s'éloigne davantage du centre. Ainsi, cette portion de la flamme jouira d'un pouvoir d'oxidation considérable. La flamme bleue, au contraire, dans laquelle il existe une substance combustible non encore saturée d'oxygène, sera susceptible d'enlever ce principe aux corps oxidés. Aussi M. Berzélius recommande-t-il de bien apprendre à distinguer ces deux portions de la flamme; car il arrive qu'un métal s'oxide dans la première, tandis qu'il se réduit et reprend le brillant métallique dans la seconde.

Passons maintenant à la description des divers chalumeaux. Ceux auxquels Berzélius donne la préférence sont ceux de Gahn et de Wollaston : le premier, muni d'un bec courbé, pour le laboratoire; le second, comme instrument de poche à l'usage des minéralogistes.

CHALUMEAU DE GAHN.

Le chalumeau de Gahn est représenté figure 62. Il se compose de quatre pièces, *a*, *b*, *c*, *d*, qui s'assemblent l'une dans l'autre à frottement. La cavité cylindrique *b* est destinée à condenser la vapeur humide qui sort des poumons, et qui obstruerait bientôt le tube sans cette précaution. La forme cylindrique qu'on donne à cette chambre est préférable à toutes les autres. Il est vrai que, par un long usage, le bout du tube *a* s'enfoncera de plus en plus dans la cavité *b*; mais il n'y a pas à cela un grand inconvénient. Dans les chalumeaux d'une autre espèce, la chambre est sujette à se détacher, et souvent les joints laissent passer l'air.

Berzélius a trouvé commode d'ajouter au chalumeau de Gahn le bec recourbé *e*. On le met à la place du bec *d*, et il a sur ce dernier l'avantage de prendre une direction quelconque, en tournant à frottement dans l'ajustage *c*.

La longueur du tube doit être telle, que la substance sur laquelle on dirige la flamme de la lampe soit à la distance de l'œil de l'opérateur où sa vision est la plus parfaite.

On conçoit que cet instrument doit être fait en métal; mais comme le laiton a une odeur désagréable, on ne l'emploie que pour le bec; les autres parties sont en argent ou en fer-blanc. Quelques chimistes ont cherché à remédier à l'odeur désagréable du laiton, en adaptant aux chalumeaux une embouchure d'ivoire; ce moyen n'a point réussi, et les mains s'impreignent toujours d'une odeur de cuivre, à moins qu'on ne prenne le plus grand soin de l'instrument, et qu'on ne le nettoie chaque fois qu'on s'en est servi. Lorsqu'on se sert de tubes de fer-blanc, on enroule leurs extrémités avec un peu de papier, qui les maintient plus solidement au réservoir.

Les bouts *e* que l'on ajoute aux becs sont un grand perfectionnement. Berzélius les construit en platine. Il préfère ce métal, parce qu'on peut l'exposer à un feu vif qui brûle le carbone dont ses parois s'enduisent, et qui, sans attaquer le métal, le nettoie parfaitement. Avec tout autre métal, la fumée de la flamme encrassant peu à peu le trou capillaire et lui ôtant sa forme ronde, on est obligé d'employer l'épinglette pour le purger de cette suie, et cette épinglette a l'inconvénient d'agrandir le trou et de le nettoyer très-imparfaitement.

CHALUMEAU DU DOCTEUR WOLLASTON.

Le Dr Wollaston a réduit les dimensions du chalumeau à celles d'un crayon de poche; de sorte qu'il peut servir à fermer un portefeuille qui contiendrait un peu de borax et du platine en feuilles : de manière que l'opérateur peut, partout où il se trouve, examiner instantanément une préparation suspecte ou un minéral quelconque.

La figure 63 représente ce chalumeau, qui se compose de trois parties. Les deux pièces *a c* sont en métal; la troisième *b* est en bois, et terminée par une tuyère de métal. Cette disposition a pour but d'empêcher la chaleur de la tuyère de se communiquer aussi rapidement au manche. Ces trois pièces, en glissant l'une dans l'autre, sont ainsi réduites aux plus petites dimensions possibles.

Berzélius fait observer que ce chalumeau ne s'emploie que lorsqu'on n'a point à examiner des substances avec beaucoup de soin. En effet, il est assez difficile que les pièces s'ajustent assez bien pour ne point laisser passer d'air; de plus, ce chalumeau n'a point de réservoir, et le bec formant un angle obtus avec la tige, la direction donnée à la flamme n'est nullement commode. Les supports qu'on emploie le plus généralement dans les essais au chalumeau sont de charbon de bois. L'on doit choisir celui qui provient des jeunes branches pleines de sève; il doit être sans fentes ni crevasses : le charbon de bois d'aune est sans contredit le meilleur, à cause de sa texture serrée et de l'absence des crevasses dont nous venons de parler. Pour s'en servir, on creuse avec un couteau une petite cavité sur sa partie convexe, quelquefois même sur la surface produite par la fracture transversale; on place la substance dans

cette cavité, et l'on dirige obliquement sur elle le dard de la flamme, de manière qu'entrant par un des bords de la cavité, elle puisse, après avoir frappé sur la substance que l'on veut chauffer, revenir un peu sur elle-même, et s'échapper ensuite par le bord opposé.

M. Smithson emploie comme supports de petites plaques d'argile, qu'il obtient en battant de l'argile blanche réfractaire, entre des feuilles de papier, de la même manière qu'on bat l'or; il coupe ensuite avec des ciseaux l'argile et le papier en morceaux de quatre dixièmes de pouce de longueur et de deux dixièmes et demi de large; il les durcit alors au feu. Coupés en petits triangles très-aigus, ils peuvent remplacer le *sappare* de Saussure. L'on parvient à fixer la substance que l'on veut chauffer à l'extrémité de ces petits triangles, en délayant de l'argile très-réfractaire avec un peu d'eau; l'on en applique une petite quantité tout-à-fait à l'extrémité, et l'on touche ensuite, avec cette extrémité, la substance que l'on veut chauffer. L'argile se dessèche presque instantanément, et l'on peut introduire la substance dans la flamme en toute sûreté.

Le chalumeau, habilement employé, est l'un des instruments les plus utiles pour les recherches minéralogiques; car l'on peut dire en général que la propriété qui permet à certaines substances de se fondre au chalumeau, est tout-à-fait décisive. Il est évident en effet qu'elle se rattache à certains principes constituants qui font partie intégrante du minéral qui jouit de cette faculté. Le feu tout naturel des charbons ardents, sur lesquels on dirige la flamme d'une petite lampe à huile, suffit pour déterminer plusieurs minéraux volatils, le soufre, l'arsenic, le zinc, le cadmium, l'antimoine, le bismuth, le tellure, se découvrent par

ce seul essai, quel que soit d'ailleurs leur déguisement et leur peu de pureté. Le premier, en répandant cette odeur suffocante qui est connue de tout le monde, le second par une forte odeur d'ail, le troisième par une flamme blanche éblouissante qui entraîne avec elle des flocons blancs, les autres à différents caractères que nous ne pouvons énumérer ici. Les barytes se reconnaissent à la couleur jaune verdâtre, et les strontianes, à la couleur purpurine qu'elles donnent à la flamme.

En employant seulement trois flux, le carbonate de soude, le borax et le phosphate de soude ou d'ammoniaque, connu autrefois sous le nom de sel perlé, et occasionnellement le nitrate de cobalt, on s'assure immédiatement de la présence de la silice, de l'alumine, de la magnésie et de quantités d'oxides du même genre, en essayant au besoin l'action de l'acide nitrique sur le résidu.

La plupart des alkalis peuvent encore se reconnaître au moyen du chalumeau, en se servant du nitrate de baryte comme fondant, et de feuilles de platine pour support.

Un avantage particulier de cette chimie, qu'on pourrait appeler microscopique, est la quantité très-minime qu'on peut employer à l'examen des substances et dans les recherches théoriques, lorsque la substance soumise à l'examen est précieuse, ce qui arrive fréquemment; la facilité d'opérer sur de petites quantités devient de la plus haute importance, attendu que ceux qui ne la possèdent point sont exposés à perdre tout-à-fait l'occasion d'acquérir de nouvelles connaissances, ou ne le font qu'en se soumettant à de grandes dépenses. Il existait dans le Musée britannique un petit fragment d'une pierre noire dont l'origine et l'histoire étaient inconnues. Ce fragment était l'unique que pos-

sédât le Muséum, et l'on ignorait même qu'il en existât ailleurs. Cependant, comme cette pierre présentait des caractères particuliers, M. Hatchett désira l'examiner, et, opérant sur une portion de la pierre qui ne pesait pas plus de deux cents grains, il put y découvrir un nouveau métal, qu'il distingua de tous ceux connus par les différents caractères qui lui étaient propres et qu'il nomma columbium. Ékeberg découvrit plus tard un métal, qu'il appela tantalium, croyant être le premier qui l'eût observé et signalé; mais le Dr Wollaston, l'ayant examiné et comparé avec le columbium, put reconnaître qu'il y avait identité, quoique ce savant n'eût obtenu du Muséum que cinq grains de la pierre pour faire son expérience. (Manipulations chimiques de Favraday, introduction).

CHALUMEAU DE GURNEY.

Des *amateurs* de chimie ont inventé un grand nombre d'appareils pour se dispenser de la peine de souffler; les uns ont employé des soufflets à courant continue, les autres, des vessies qu'ils pressaient entre leurs genoux; puis on a vu des machines hydrauliques, etc. etc. etc. Tous ces petits appareils sont fort jolis sans doute; mais le chimiste praticien ne peut avoir pour eux que le dédain qu'inspirerait à un joueur de flûte la proposition de se servir d'un soufflet pour remplacer ses lèvres et sa langue.

Le cas n'est plus le même, lorsqu'il s'agit d'augmenter l'intensité de la chaleur produite par le chalumeau ordinaire. On emploie alors, ou le gaz oxygène, ou l'hydrogène, ou un mélange de l'un et de l'autre, dans des proportions diverses. Les deux derniers moyens n'exigent point de lampes, puisque les substances qu'on emploie sont l'une et l'autre inflam-

mables. C'est lorsqu'on emploie un des deux gaz séparément que les appareils dont nous avons parlé peuvent être utiles; quant au mélange d'hydrogène et d'oxygène, comme il est détonnant et que la moindre étincelle qui pénétrerait dans le chalumeau causerait une inflammation subite dans la masse gazeuse, on ne doit y recourir que pour les expériences où la fusion serait impossible sans ce secours; encore faut-il s'environner des précautions de prudence qui rendent l'explosion impossible ou du moins innocente. Qu'on se rappelle que c'est une explosion de ce genre qui a failli tuer Conté, et qui l'a privé de la vue pour le reste de ses jours!

Le premier essai qu'on tenta pour remédier à ces explosions fut de faire passer les gaz condensés dans une caisse de métal au moyen d'une pompe, à travers plusieurs tubes capillaires d'au moins trois pouces de long et d'un diamètre d'un quatre-vingtième de pouce au plus (1). Ces tubes capillaires mettaient en communication le bec du chalumeau avec la caisse à gaz. On ajouta ensuite à cet appareil un réservoir plein d'huile que les gaz avaient à traverser avant d'arriver au bec du chalumeau, et, pour plus de sécurité, les tuyaux étaient coupés par des diaphragmes en toile métallique.

En dépit de ces précautions, le chalumeau de Brookes est resté sujet aux explosions, et beaucoup de chimistes ont renoncé à s'en servir.

---

(1) Les expériences faites par Davy, durant le cours de ses recherches sur la nature de la flamme, ont démontré que la flamme des mélanges explosifs ne traversait point les ouvertures d'une très-petite dimension. C'est sur ce principe qu'est construite la lampe des mineurs qui porte son nom.

M. Gurney a inventé un chalumeau dans lequel les gaz sont renfermés dans une enveloppe très-mince, de manière que, dans le cas où elle éclaterait, les fragments ne pourraient occasionner aucun accident; la seule chose qu'il y aurait à craindre dans ce cas serait que la violence de l'explosion ne fracassât les appareils environnants et ne les lançât au loin. Mais il remarque aussi qu'on pourrait plus sûrement éviter les explosions en interposant une chambre contenant une petite portion du gaz inflammable entre le bec et le réservoir, que par l'emploi des tubes capillaires et des toiles métalliques. Ayant eu l'occasion d'observer qu'une pression considérable sur le gaz contenu dans un réservoir, avait pour effet d'éteindre le gaz lorsqu'il était allumé, et aussi de l'empêcher de prendre feu lorsqu'il ne l'était point, il en conclut qu'une petite quantité de gaz renfermé dans une chambre placée derrière le bec, aurait le même effet, et l'expérience le confirma dans cette opinion. Son appareil de sûreté consiste donc en une chambre métallique placée à l'arrière du tuyau qui donne le jet lumineux. La flamme prend-elle une direction rétrograde? le gaz, contenu dans la petite chambre, détonne sans aucun inconvénient, et la flamme s'éteint. Pour plus de sûreté encore, il a placé à l'arrière de cette chambre un petit réservoir plein d'eau que le gaz traverse pour arriver au bec, et qui s'opposerait au retour de la flamme; mais l'inventeur a une telle confiance dans la première disposition de son appareil, qu'il ne se sert presque jamais de ce réservoir d'eau.

La figure 64 représente cet appareil. *a* est un appareil de sûreté qui consiste en une petite chambre destinée à arrêter une certaine quantité de gaz; elle est séparée du gazomètre par une toile métallique; elle

sert à éteindre la flamme au moyen de la pression mécanique exercée par l'explosion même qui pourrait avoir lieu à son intérieur. Elle prévient ainsi l'explosion totale et met l'opérateur à l'abri de tout danger. Sa dimension est proportionnée à celle des tubes intérieurs et du bec. *b* est un réservoir d'eau que les gaz ont à traverser en sortant du gazomètre *d*, et, après avoir passé par le robinet *c* et par un tube qui se rend au fond du réservoir d'eau; *e* est un bouchon fermant l'ouverture par laquelle on emplit le réservoir, et qui est projeté en l'air si l'explosion a lieu à la surface de l'eau. *g* est une vessie qu'on visse au robinet *h*, lequel se ferme, lorsqu'on veut remplir de nouveau cette vessie, pendant que le chalumeau est en action, de sorte qu'on peut ainsi faire jouer l'appareil pendant un temps indéfini : entre le gazomètre et la vessie se trouve d'ailleurs une soupape qui empêche le retour du gaz. *i* est un chapeau de bois ou de carton combiné de manière à avoir de la force et de la légèreté, de sorte que, si le gazomètre lui-même vient à éclater, il est projeté par la force explosive qui rompt les cordons *k k*, et presque immédiatement arrêté par l'action de l'atmosphère, d'autant plus sensible que sa surface est assez grande, et sa masse peu considérable. Ces cordons tiennent à des fils-de-fer qui traversent les trous pratiqués dans la table de l'instrument et sont fixés à un plateau mobile *m*, toujours maintenu horizontalement par le support *n*, de sorte qu'en y plaçant un poids convenable, son action se fait sentir également et horizontalement sur le chapeau *i* du gazomètre *d*. Ce gazomètre *d* est une vessie ou un sac de taffetas gommé vissé à un long tube qui traverse la table de l'instrument. Ce tube joint les deux robinets *h* de la vessie qui sert à charger l'instrument, et *c* du réservoir d'eau.

On conçoit facilement sans doute le jeu de cet appareil; la pression sur le plateau *m* se transmet au chapeau *i* par les cordons. Ce dernier agit sur le gazomètre qui chasse le gaz à travers le tuyau dans le réservoir d'eau, puis dans la petite chambre de sûreté, puis enfin dans le bec, à l'extrémité duquel on l'enflamme.

On voit, au-dessous de la figure 64, la section du réservoir d'eau et la chambre de sûreté. *c* est le robinet, *b* le tuyau qui se rend au fond du réservoir, *f* une jauge qui règle la hauteur de l'eau dans ce réservoir, *e* le bouchon, *a* la chambre de sûreté.

M. Gurney ne se sert que de sa main pour opérer la pression, parce qu'il peut ainsi l'augmenter ou la diminuer plus commodément. On reconnaît, dès la première expérience, la force qui est nécessaire pour projeter la flamme à la distance requise. Lorsqu'on diminue cette force ou qu'on l'anéantit en enlevant la main de dessus le plateau, la flamme rétrograde dans la chambre de sûreté, et le gaz s'y éteint.

Pour suspendre l'opération, il suffit d'ôter la main de dessus le plateau; l'eau du réservoir agit alors comme une soupape, empêche le gaz de sortir et dispense de tourner le robinet *c*. Tout cela n'aurait point lieu si l'on employait un poids; il faudrait alors fermer le robinet, après chaque opération, ou enlever le poids; ce qui est très-incommode.

On a quelques tubes de rechange pour l'appareil de sûreté et de dimensions différentes que l'opérateur emploie, selon les circonstances. Quand le tube est un peu grand, il arrive quelquefois que l'eau passe avec le gaz. Pour remédier à cet inconvénient, on adapte au tube qui se rend au fond du réservoir un petit tuyau de taffetas gommé ou une petite vessie qui vient

s'élever presque au niveau de l'eau et permet au gaz de s'échapper sans entraîner le liquide avec lui.

Lorsqu'on cesse d'appuyer sur la tablette, l'eau, par son poids, presse le petit tube de taffetas, empêche la sortie du gaz et dispense de tourner le robinet. Mais telle est la confiance de M. Gurney dans sa petite chambre de sûreté, qu'il se dispense presque toujours du réservoir et qu'il se contente de visser cette chambre à un tube qui la met en communication avec la pièce du robinet.

Ce chalumeau développe une chaleur bien supérieure à celle des plus puissants fourneaux: on l'emploie pour fondre les substances réfractaires. Le platine, le rhodium, ne résistent point à son action.

On a trouvé plus d'avantage à ne point donner au mélange des gaz les proportions dans lesquelles ils entrent pour la formation de l'eau. On préfère donc aujourd'hui pour ce mélange,

1 partie d'oxygène,
2 $\frac{1}{4}$ parties d'hydrogène.

Le platine entre en fusion à l'instant même où il est mis en contact avec la flamme, et le métal s'écoule en larmes. Le Dr Clarke a fondu complètement une demi-once de ce métal par ce jet de flamme. En petite quantité, il brûle comme le fil de fer.

Le palladium fond comme le plomb; la chaux s'y résoud, avec une flamme purpurine, en une vitrification jaunâtre. La fusion de la magnésie s'opère également.

Les strontianes fondent d'abord avec une flamme de couleur améthiste très-intense et laissent, quelques minutes après, paraître le métal brillant au centre de la masse.

Les silices se vitrifient immédiatement en une masse orange foncé et se volatilisent en partie.

L'alumine se transforme, avec une grande rapidité, en globules de verre jaunâtre et transparent.

Quelques alkalis fondent et se volatilisent à l'instant même où ils sont mis en contact avec la flamme.

L'or, exposé à la flamme, sur un support en terre de pipe, s'entoure d'un halo d'une couleur rose très-vive et se volatilise très-promptement.

Un fil de fer très-fort brûle instantanément; la plombagine (fer carburé) se réduit en une masse magnétique.

Le jade, le mica, l'amianthe, l'asbeste dur fondent comme la cire.

L'hydrochlorate de rhodium, placé sur un creuset de charbon, donne bientôt le rhodium brillant comme le platine et malléable. On réduit encore, au moyen de ce chalumeau, l'oxide d'urane de Cornouailles à l'état métallique.

M. J. Murray a remarqué que le jet de flamme de ce mélange était bien moins fort lorsqu'on laissait vide d'eau le réservoir *eb*, et qu'en l'emplissant, au contraire, ce jet augmentait de dimension. L'eau, selon lui, est préférable à l'huile qu'on emploie quelquefois, et qui diminue l'intensité de la flamme. M. Skidmore, de New-York, a observé que le jet lumineux du chalumeau à gaz hydrogène et oxygène condensés pouvait être introduit sous l'eau sans s'éteindre, pourvu toutefois que cette introduction ne soit point trop rapide.

La flamme vue sous l'eau est sphérique; elle brûle le bois et chauffe au rouge des fils métalliques.

FOURNEAU A CHALUMEAU DE GURNEY.

Afin de permettre à l'opérateur d'observer les éléments volatils des substances solides soumises à l'action de ce puissant instrument, M. Gurney a proposé l'appareil suivant, remarquable par sa simplicité :

a (figure 65) est une base en plâtre, dont la surface supérieure est parfaitement unie, de sorte que le verre qu'elle soutient y adhère comme la cloche de la machine pneumatique sur sa tablette; au centre de cette face est un petit trou *b*, que traverse la flamme du chalumeau, qui est reçue dans l'appareil par une petite ouverture latérale; au-dessus de ce pied est une petite cloche de verre ou une section de tube recouverte par un couvercle muni d'un robinet *c*; le tout bien joint de manière à ne point laisser pénétrer l'air extérieur; au robinet tient une vessie ou un petit sac de taffetas gommé *d*.

Voici l'usage de cet instrument : on place la substance qu'on veut examiner dans le petit fourneau; le tuyau dont l'extrémité traverse la paroi latérale de la base est vissé à l'appareil de sûreté, et aussitôt qu'on commence à appuyer les mains sur la tablette pour chasser le gaz au dehors, on l'allume immédiatement avec une bougie, et l'on renverse la cloche sur le petit fourneau; la chaleur intense du chalumeau ne tardera point à se faire sentir à la substance, et ses éléments volatils ou gazeux s'élèveront et iront se condenser sur les parois du verre, ou passeront à l'état de gaz dans la vessie. On conserve ainsi toutes les parties constituantes de la substance, qu'on soumet alors à l'examen chimique au moyen des réactifs; on enlève la cloche en plaçant le pied ou fourneau sous l'eau, soit avec le cylindre de sûreté, qui tient à l'ap-

pareil par un tuyau flexible, soit en le dévissant toujours sous l'eau. Le reste de l'opération n'est plus du ressort de cette description.

CHALUMEAU DE BROOKS OU DE NEWMAN.

Cet appareil, qui est assez simple, se concevra aisément sans figure, surtout après la description déja donnée des autres chalumeaux.

L'appareil se compose d'une boîte de cuivre tenant parfaitement l'air; elle a trois pouces de largeur, autant de haut et quatre pouces de long; à la partie supérieure de la boîte s'adapte une petite pompe de condensation, qui force l'air dans la boîte, d'où une soupape l'empêche de ressortir par le haut; il n'a d'issue possible que par un tuyau latéral muni d'un robinet, auquel est adapté un tube d'une très-petite ouverture; ce tuyau est d'ailleurs coupé par des diaphragmes de toile métallique; la tige du piston de la pompe de condensation traverse une boîte à cuir, audessous de laquelle un tuyau latéral, muni d'un robinet et communiquant à une vessie, permet au gaz qu'elle contient de venir sous le piston pour être refoulé dans la boîte.

L'usage de cet appareil est très-simple. Par quelques coups de piston, on refoule le gaz dans la boîte, et on y forme une atmosphère comprimée; lorsqu'on ouvre le robinet, le gaz qui s'échappe sort avec beaucoup de vitesse en un jet très-fin assez régulier; on fait varier la force du jet en donnant plus ou moins d'ouverture au robinet; ce jet, avec une charge modérée, demeure uniforme pendant vingt minutes; on lui rend toute sa force en faisant de nouveau travailler la pompe. Cet appareil est très-portatif, point sujet à se déranger; il peut même remplacer le chalumeau

ordinaire; tout l'instrument, en y comprenant une lampe pour ce dernier usage, se loge dans une petite boîte qui n'a que six pouces de long sur quatre en carré, et il y reste encore de la place pour y loger d'autres petits objets; en un mot, il est fort commode dans les courses minéralogiques.

CHALUMEAU DU DOCTEUR HARE.

Nous décrirons encore le chalumeau à esprit de vin de Robert Hare, parce qu'il peut être utile dans quelques applications.

M. Hare ayant remarqué qu'un seul jet d'esprit de vin ne pouvait brûler sans le secours d'une lampe, et que deux jets qui se croisaient restaient enflammés sans ce secours, il a mis à profit ce principe pour la construction de l'instrument suivant.

Afin de régler et d'égaliser le jet, il emploie une espèce de petit gazomètre (voyez les deux figures 66), formé de deux cylindres *ab*, *cd*, ouverts par le haut, laissant entre eux un intervalle d'un quart de pouce environ; un troisième cylindre *ef*, ouvert par le bas, se place renversé dans cet intervalle; les tuyaux *gg*, qui laissent échapper la vapeur de l'esprit de vin, glissent dans de petites boîtes à cuir; le cylindre *h* conserve sa situation au moyen d'un fil métallique, qui glisse aussi à frottement dans un tuyau *i*.

On remplit d'eau bouillante l'intervalle laissé entre les cylindres après avoir versé l'esprit de vin dans le cylindre intérieur; la vapeur d'esprit de vin s'échappe alors par les petits tubes *g*, qu'on abaisse autant qu'on le veut, et qui tournent sur leurs axes de manière à pouvoir diriger les jets dans une direction quelconque.

Sept parties d'esprit de vin et une partie d'huile de térébenthine produisent une flamme très-intense.

DES APPAREILS POUR LE CHAUFFAGE DES HABITATIONS.

Il est une autre classe de constructions pyrotechniques dont on ne s'occupe point en général dans les ouvrages de chimie, et qui cependant ne laisse point que d'avoir aussi son importance; nous voulons parler des cheminées, poëles, ou autres appareils destinés au chauffage des appartements, ateliers, serres chaudes, etc., etc.

Il est à peine utile de signaler l'importance du chauffage dans les contrées septentrionales, et de montrer comment le bien-être et la santé de peuples entiers ne dépendent pas moins des moyens qu'ils peuvent avoir d'échauffer leurs habitations, que de leur nourriture et de leur habillement. Nous dirons, cependant, que les classes inférieures des pays où l'on exploite les mines de houille, et où, par conséquent, ce combustible est abondant et à très-bas prix, sont, sous le rapport de la force, de la santé et de la bonne mine, très-supérieures aux classes correspondantes dans les districts où le charbon est rare. On attribue cette infériorité, et sans doute avec quelque justice, à l'humidité et au froid dont ces dernières classes ont eu à souffrir de génération en génération. Quiconque a pu voir les pauvres familles de ces derniers comtés pressées autour d'un mauvais feu, incapable de sécher leurs vêtements mouillés pendant les travaux du jour, et qu'il leur faut remettre sur eux le lendemain encore tout humides, concevra facilement la possibilité de ce fait irrécusable, et jugera sans doute que notre mode de chauffage réclame d'importantes améliorations sous le rapport de l'économie du combustible tout au moins.

En Allemagne et en Russie chaque hutte de paysan,

si l'on ne peut en vanter la propreté, a du moins l'avantage de conserver pendant de longs hivers une température agréable et à peu près constante. Ce n'est donc point une recherche sans importance que celle de procurer à nos classes mitoyennes et inférieures un mode de chauffage commode et économique; et l'on s'étonne, à bon droit, qu'on se soit si légèrement occupé de cette question, mais encore plus que quelques inventions utiles et économiques n'aient pas été généralement adoptées.

M. Boyce remarque, à ce sujet, qu'il était impossible d'inventer un système plus défectueux, sous tous les rapports, que les foyers anglais ordinaires, où neuf dixièmes de la chaleur développée par la combustion s'échappent par la cheminée sans aucun profit pour la chambre.

Qu'on parle des *comforts* d'un foyer anglais, continue-t-il, c'est une véritable ironie. Il n'existe point de nation entre la latitude de Londres et le pôle, qui ne connaisse mieux cette espèce de *comfort* que l'Angleterre.

Qu'aurait dit M. Boyce de notre nation s'il eût su, ainsi qu'il est incontestablement prouvé, qu'à peine $\frac{1}{500}$ de la chaleur produite dans nos cheminées ordinaires est utilisée, sans parler de la fumée dont elles sont rarement exemptes. Nos cheminées, en employant le même combustible, donnent cinquante fois moins de chaleur que les cheminées anglaises qu'on trouve imparfaites!! Ajoutez à cela qu'on persiste à brûler du bois dont la puissance est, terme moyen, trois fois moindre que celle de la houille, et quatre fois moindre que celle du coke, sans parler du prix comparatif de ces diverses substances.

Pour peu que l'on considère, continue-t-il, com-

ment s'opère la combustion dans nos foyers, on verra, d'une manière évidente, que celui qui prétend se chauffer se place précisément au mauvais côté de l'appareil. Tel serait le cas de celui qui, pour avoir la farine dans un moulin, se placerait à la trémie, il serait à la source du produit, mais ce produit s'échapperait sans cesse et serait recueilli par celui qui aurait eu l'adresse de se mettre à la huche. Les cas sont parfaitement semblables; car la plus grande partie de la chaleur s'échappe par la cheminée, et le volume considérable d'air chaud qui s'élève, *appelle* continuellement l'air froid du dehors; ce qui établit un courant continuel et extrêmement désagréable, qui s'accroît précisément en raison de l'accroissement de chaleur donné par la cheminée.

CHEMINÉES A LA RUMFORD.

L'auteur a extrait de l'*Essai sur la meilleure construction des cheminées* les principes suivants, qui trouvent leur application en France comme en Angleterre; car, ainsi qu'il le dit lui-même :

« Dans le cours de mes expériences et de ma pratique pour guérir les cheminées qui fumaient, j'en ai traité au moins cinq cents, et sur le nombre il y en avait qu'on regardait comme tout-à-fait incurables. — Les expériences faites à Londres ont constamment prouvé que mes principes étaient applicables à la combustion de la houille comme à celle du bois, et sur plus de cent cinquante cheminées qui y ont été changées d'après mes directions, dans l'espace de deux mois, il n'y en a pas une seule qui n'ait parfaitement réussi. — Et plusieurs épreuves faites avec grand soin et à l'aide de thermomètres, ont démontré que l'épargne du combustible due à

« ces changements s'élevait, dans tous les cas, à plus « de la moitié et quelquefois aux deux tiers de la « consommation primitive. »

Pour être certain de chauffer, le mieux possible, une chambre avec un feu de cheminée, il faut considérer premièrement *comment et de quelle manière* un feu de cette espèce communique la chaleur à une chambre. Cette question pourra paraître superflue au premier aspect; mais, en y regardant de plus près, on verra qu'elle mérite d'être attentivement examinée. Pour déterminer de quelle manière une chambre est réchauffée, il faut d'abord trouver *sous quelle forme* existe la chaleur dégagée par la décomposition du combustible, et voir ensuite comment elle se communique au corps qu'elle réchauffe; et quant au premier objet, il est certain que la chaleur dégagée ou produite par la combustion existe sous deux formes tout-à-fait distinctes et essentiellement différentes l'une de l'autre. Une partie de cette chaleur est absorbée par la fumée, la vapeur et l'air, qui s'élèvent au-dessus des corps brûlants, et monte avec ces substances dans les régions supérieures de l'atmosphère, tandis qu'une autre partie, qui paraît n'être pas absorbée, est lancée du foyer dans toutes les directions possibles, ou, comme on le dit en physique, ce calorique rayonne. Quant au second objet de recherche, savoir comment cette chaleur existante sous ces deux différentes formes se communique aux autres corps, il est fort probable que la chaleur absorbée ne peut se communiquer aux autres corps que par le contact; et quant aux rayons que lance le combustible brûlant, il est certain qu'ils ne communiquent ou ne produisent la chaleur que là où ils sont absorbés, et lorsqu'ils le sont. En traversant l'air, qui est transparent,

ils ne lui communiquent presque aucune chaleur, et il est très-probable qu'ils n'en communiquent pas non plus aux corps solides, lorsque ceux-ci les réfléchissent.

Il se présente une première question très-naturelle. Quelle est la proportion entre la chaleur rayonnante et la chaleur absorbée? Quoique ce point n'ait pas été déterminé avec une certaine précision, il est hors de doute, cependant, que la quantité de chaleur qui s'échappe avec la fumée, la vapeur et l'air chaud, est beaucoup plus considérable que celle qui s'échappe en rayonnant autour du combustible, et cependant quelque peu considérable que soit cette chaleur rayonnante, elle est, en général, la seule portion de la chaleur produite par le combustible dans un foyer ouvert qui puisse être employée à réchauffer une chambre.

Or, la quantité de la chaleur rayonnante produite dans la combustion d'une quantité donnée de combustible d'une espèce quelconque, dépend beaucoup de la conduite du feu ou de la manière dont le combustible est consumé. Lorsque le feu est ce que l'on appelle *clair*, il lance beaucoup de chaleur rayonnante; mais, lorsqu'il est étouffé, il en produit, au contraire, très-peu; comment donc la plus grande partie de cette chaleur qui s'échappe dans tous les sens depuis le foyer, peut-elle être dirigée vers la chambre et produire le plus grand effet possible?

Deux moyens, qu'on peut employer conjointement, s'offrent pour cela : le premier sera de placer le foyer où s'opère la combustion, aussi avant du côté de la chambre qu'on peut le faire, et de laisser l'ouverture du devant aussi large et aussi élevée qu'on le pourra, car alors le plus grand nombre possible des rayons calorifiques entrera dans la chambre. Le second moyen sera de donner aux côtés et au dos de la che-

minée une forme telle, et de les bâtir de tels matériaux, que les rayons directs lancés du foyer soient réfléchis dans la chambre par ces diverses surfaces.

Quant à la matière propre à réfléchir dans la chambre la plus grande quantité de chaleur rayonnante, il est clair que la meilleure possible pour garnir les entours du foyer, sera celle qui réfléchit le plus ou qui absorbe le moins; car la chaleur qui est absorbée ne peut être réfléchie : or, comme les substances qui absorbent la chaleur rayonnante sont nécessairement réchauffées par cette absorption, il suffira pour découvrir laquelle d'entre les diverses matières qu'on emploie à la construction des cheminées, est la plus convenable à cet égard, de trouver, par une expérience bien facile à faire, quelles sont les substances qui acquièrent le moins de chaleur lorsqu'on les expose aux rayons directs d'un feu *clair;* celles qui se réchaufferont le moins, seront celles qui auront renvoyé le plus de chaleur, puisqu'elles en ont moins absorbé que les autres. Il paraît de là que le fer et tous les métaux en général qui s'échauffent beaucoup, comme on le sait, lorsqu'on les expose aux émanations calorifiques, doivent être considérés comme les substances les moins convenables à employer pour réfléchir la chaleur.

Les substances qui m'ont paru jusqu'ici les meilleures, sous ce point de vue, sont le grès et les briques et le mortier ordinaire. Ces matières sont heureusement à très-bon marché, et quant à leur mérite comparatif, on sait à peine à laquelle il faut donner la préférence.

Lorsqu'on emploie les briques, on devrait les recouvrir d'une couche mince de plâtre ou gypse, qu'il faudrait passer au blanc, quand elle est bien sèche :

si l'on emploie le grès, on devra aussi le peindre en blanc ; il est très-convenable de conserver aussi blanches et aussi propres qu'il est possible toutes les parties du foyer que la fumée ne noircit pas nécessairement ; comme le blanc réfléchit plus de chaleur, de même qu'il renvoie plus de lumière que toutes les autres couleurs, il doit être toujours employé de préférence pour l'intérieur des cheminées, et le noir surtout doit en être exclu.

Il y a cependant, dans les cheminées destinées à brûler de la houille, une partie essentielle, la grille qu'on ne peut guère faire d'autre matière que de fer ; mais il n'est point nécessaire d'y accumuler ce métal en aussi grande quantité qu'on le fait ordinairement ; ce qui rend ces grillages, non-seulement très-coûteux, mais essentiellement nuisibles à l'effet du calorique ; quant aux registres qu'on emploie quelquefois, non-seulement ils sont absolument inutiles, lorsque la gorge de la cheminée est construite convenablement et dans de bonnes dimensions ; mais, dans ce cas, ils seraient vraiment nuisibles. S'ils ont un effet quelconque, c'est celui d'opposer leurs surfaces plates au courant ascendant de la fumée, d'une manière qui ne peut manquer d'embarrasser son mouvement. On verra bientôt que le passage de la fumée par la gorge de la cheminée doit être facilité autant que possible, et si les registres ont servi quelquefois, c'est parce que le grand défaut des cheminées ordinaires gît dans les dimensions énormes de leur gorge ou de l'ouverture inférieure du tuyau, et que le rétrécissement qu'ont produit les registres a corrigé ce défaut en quelque manière. Il n'est aucune cheminée, ainsi corrigée, qui n'eût été mieux encore, et avec une dépense infiniment moindre, par la modification que nous ferons connaître.

Rumford, avant de donner des directions détaillées sur les changements à faire aux cheminées ordinaires, d'après ses principes, examine de plus près les détails de leur construction, et celui-là surtout duquel dépendent, en quelque sorte, tous les autres, savoir, que leur tuyau en général, mais surtout la partie inférieure, dans le voisinage du manteau, celle qu'on appelle sa gorge, présente une ouverture beaucoup trop considérable. Il est probable qu'on leur a donné jusqu'à présent ces grandes proportions pour laisser le passage au ramoneur; mais il montre comment on peut pratiquer ce passage, sans laisser à la gorge de la cheminée ces énormes dimensions au moyen desquelles elle avale, en quelque sorte, tout l'air chaud d'une chambre, au lieu de laisser seulement un passage à la fumée et à la vapeur chaude qui s'élèvent du combustible, seul but auquel le canal devrait être destiné. Or, il est évident qu'en portant en avant la plaque de la cheminée, on porte, en même temps, du côté de la chambre, le foyer du combustible, et qu'on rétrécit la gorge de la cheminée; deux opérations dont on a fait sentir la convenance; mais la question est de savoir de combien on peut avancer cette plaque. La réponse est courte et facile à comprendre. Il faut l'avancer, autant qu'il est possible de le faire, sans trop diminuer le passage qu'il faut laisser à la fumée, et, tout bien considéré, *quatre pouces* sont la meilleure largeur à donner à cette gorge, cela indifféremment, soit qu'on y brûle du bois, de la houille, de la tourbe ou tel autre combustible qu'on emploie à feu ouvert.

Dans les cheminées destinées à chauffer de très-grandes pièces, et dans lesquelles on fait un grand feu, on peut, si l'on veut, donner à la gorge quatre pouces et demi, et jusqu'à cinq de large. Quant à la dimension

la plus convenable à donner à la plaque, dans la plupart des cas, c'est d'un tiers de la largeur du devant de la cheminée. Il ne sera pas toujours possible d'adhérer strictement à ces proportions; il faudra quelquefois, par exemple, ajuster la plaque à une grille qu'on a déja, et qui dispense d'en acheter une neuve : dans ce cas, une petite déviation de la règle générale sera sans conséquence; on fera cependant mieux de s'y conformer toutes les fois que la chose sera possible.

Maintenant il faut pourvoir à ce que le ramoneur puisse entrer dans la cheminée.—Voici comment on s'y prend pour cela, en élevant le massif qui garnit la partie postérieure de la cheminée qui doit servir à rétrécir la gorge, et à avancer la plaque, comme on le verra plus loin; et lorsque ce massif ou petit mur (qui n'a jamais plus d'épaisseur que la largeur d'une brique) est arrivé à une hauteur telle que son sommet n'est plus distant que de dix à onze pouces de l'intérieur du manteau ou de la gorge de la cheminée, on commence alors à pratiquer une ouverture ou une espèce de porte de onze à douze pouces de large, sous le milieu de la plaque, et on la continue jusques au haut; ce qui, d'après la hauteur à laquelle on élève ordinairement ce petit mur, donne à l'ouverture douze ou quatorze pouces de haut, espace très-suffisant pour donner passage au ramoneur. Lorsque tout est à peu près achevé, on ferme cette ouverture avec quelques briques, par une tuile faite exprès ou par une plaque de grès qui entre juste, sans mortier, dans une battue ménagée en élevant le mur de briques. Chaque fois qu'on veut faire ramoner on ôte cette plaque, ou l'on défait le petit mur postiche qui bouchait l'ouverture, et après l'opération, on la referme de la même manière.

Enfin, au lieu de disposer les côtés de la cheminée

parallèlement entre eux ou perpendiculairement au dos ou à la plaque, Rumford prétend, après mur examen, qu'ils doivent former, avec cette plaque, un angle d'environ cent trente-cinq degrés ou un angle droit et demi. On sent bien en effet que des parois disposées à angle droit ou d'équerre avec la plaque de la cheminée réfléchissent le calorique rayonnant de l'une à l'autre sans aucun profit pour la chambre.

Cela posé, il sera facile de comprendre les améliorations suivantes, et les motifs des constructions ou réparations que nous allons indiquer successivement, d'après le même auteur.

La figure 67 montre les changements à faire pour améliorer une cheminée, d'après les principes de Rumford.

a b est l'ouverture antérieure, *c d*, le mur du fond, *a c* et *b d*, les ouvertures telles qu'on les construit ordinairement.

a b est l'ouverture antérieure, *i k* le fond, *a i* et *b k* les montants, dans le nouveau système. *e* est un point donné par un fil à plomb, suspendu au milieu de la partie antérieure de la gorge de la cheminée, qui n'est autre chose que la face postérieure du mur qui s'élève au-dessus du manteau. A quatre pouces en arrière de ce point, c'est-à-dire en *f*, on élevera la nouvelle plaque avec laquelle les montants *i a* *k b* forment des angles de cent trente-cinq degrés.

Cette plaque, ainsi que nous l'avons dit, doit avoir environ un tiers de la largeur du devant de la cheminée.

Il est bien entendu qu'on ne laissera point vide l'espace compris entre ces pièces et l'ancienne plaque ou les anciens montants ; on les remplit avec du moellon ou des fragments de briques et de pierre, et l'on y place, d'espace en espace, un lit de briques et de mor-

tier pour maintenir le tout; le massif se termine, à la partie supérieure, par un lit horizontal de briques jointes avec du mortier.

La figure 68 est la section de la nouvelle cheminée. *k l* est la partie postérieure ou les plaques; *b i* la tuile ou pierre qui ferme l'entrée du ramoneur; *d i* la gorge de la cheminée, réduite à quatre pouces, de l'avant à l'arrière; *a* est le manteau, et *h* la maçonnerie, construite sous le manteau pour diminuer la hauteur de l'ouverture antérieure du foyer.

Rumford pense qu'en général, et quelle que soit l'espèce de combustible, la forme du foyer la plus parfaite est celle dans laquelle la largeur de la plaque est égale à la profondeur du foyer, prise sur la ligne qui va d'un jambage à l'autre, et dans laquelle l'ouverture du front est égale au triple de cette profondeur, ou de la largeur de la plaque.

Il y a des cheminées dans lesquelles l'épaisseur du manteau, prise depuis la gorge jusqu'en avant de la tablette, est si peu considérable, que cette épaisseur, ajoutée aux quatre pouces d'ouverture du canal ou de la gorge, ne ferait pas une profondeur de foyer suffisante, même pour y brûler de la houille. Dans ces cas, il faudrait augmenter la profondeur du foyer jusqu'à douze ou treize pouces, et, élevant la plaque verticale jusqu'au niveau du sommet du combustible (bois ou charbon), on ramènerait ensuite par une douce inclinaison cette même plaque en avant de quatre à cinq pouces, jusqu'à ce qu'elle se trouvât dans la position convenable au rétrécissement prescrit par le canal. Il faut que ce plan incliné se termine huit ou dix pouces au-dessus du feu; sans quoi il est à craindre qu'il ne fasse fumer la cheminée; mais, lorsqu'il est très-près du feu, la chaleur donne au courant ascendant de la

fumée, la vitesse nécessaire pour lui faire surmonter l'obstacle que cette pente oppose à son ascension directe.

Rumford rapporte, à ce sujet, qu'il fut surpris de voir qu'une cheminée qu'il avait fait disposer de cette manière, réchauffait mieux la chambre qu'aucune autre. Il en trouve la cause dans l'action de la flamme du combustible contre ce plan incliné en avant, qui lançait dans la chambre beaucoup plus de chaleur rayonnante qu'une plaque verticale ordinaire. Il conjecture aussi que la chaleur, absorbée par la fumée et les vapeurs, peut ainsi, au moins en partie, les abandonner par l'effet du choc contre le plan incliné, et se convertir là en chaleur rayonnante, au profit de la chambre.

Les figures 69, 70 et 71 montrent le plan, l'élévation et la coupe d'un foyer construit ou modifié sur ce principe. L'épaisseur du front de la cheminée en *a*, figure 69, n'étant, nous supposons, que de quatre pouces, si l'on en ajoute quatre pour le vide du canal, la profondeur *b c* du foyer ne serait que de huit pouces; ce qui ne serait pas suffisant. On a donc fait une niche *c c* dans la partie postérieure, pour recevoir la grille: elle a six pouces de profondeur au centre, treize pouces de large (c'est la largeur de la grille), et vingt-trois pouces de haut. Elle se termine en haut par une petite voûte demi-circulaire, qui s'élève, dans sa partie la plus haute, de sept pouces au-dessus du sommet de la grille. La porte du ramoneur, qui commence précisément au-dessus de la niche, se voit distinctement dans les figures 70 et 71. L'espace marqué *g*, figure 71, derrière cette porte, peut, ou se remplir avec des briques, sans mortier, ou demeurer vide. La manière dont la plaque de grès *f*, logée sous le manteau de la cheminée, pour en diminuer la hauteur, est arrondie en dedans pour

donner une bonne direction à la fumée, à son arrivée dans la gorge, est clairement exprimée dans la figure 71. Ces améliorations, proposées par le comte de Rumford, ont été très-généralement adoptées à Londres, où l'on voit peu de cheminées qui n'aient été *Rumfordisées*, quant à la forme. Malheureusement on n'a point voulu renoncer à l'emploi du fer que, pour obtenir moins d'effet encore, on prend la peine de noircir; et on le préfère souvent, sans aucun motif valable, aux carreaux de faïence des Hollandais, qui cependant sont à la fois, et plus gais, et plus propres, sans parler du rayonnement considérable qu'ils procurent.

Quant aux dimensions des grilles qui peuvent servir à brûler la houille ou le coke, voici ce qu'en dit M. Tredgold :

Si la longueur du devant de la grille est d'un pouce, pour chaque pied de longueur de la chambre, et si la profondeur, de l'avant à l'arrière, est d'un demi-pouce pour chaque pied de largeur de la chambre; ces proportions se trouveront assez passablement justes pour les cas qui se présentent d'ordinaire dans la pratique. Si la longueur de la chambre était telle qu'elle exigeât une grille de plus de deux pieds et demi, il faudrait deux cheminées; dans ce cas, on pourrait se servir des mêmes proportions, mais en les divisant entre deux grilles, à moins que la chambre ne fût très-large; car alors il faudrait donner plus de longueur, et moins de profondeur, pour que la surface se trouvât la même.

Les barres des grilles ne doivent avoir de largeur que celle nécessaire pour qu'elles soient assez fortes, et aucune partie du combustible ne doit être entassée, comme dans une boîte de fer.

Les balles de glaise, qu'on introduit quelquefois dans les grilles, pour diminuer l'intensité du feu, sont très-

difficiles à ménager; et, pour peu qu'on les néglige, elles éteignent le feu; il faut donc en rejeter l'emploi. Elles ne doivent point être confondues avec les balles flambantes, dont nous avons parlé plus haut, et qui servent à allumer le feu.

CHEMINÉES IRLANDAISES.

M. Buchanan rapporte, dans son Essai sur l'économie du combustible, qu'en débarquant en Irlande, il fut frappé de l'excellente construction de la cheminée de l'auberge où il logea. Il crut d'abord qu'elle était de l'invention de l'hôte; mais, à son grand étonnement, il trouva de ces cheminées partout. Les figures 72 et 73 sont, l'une, une vue de front, l'autre, une section verticale de ces cheminées bien calculées pour remédier à l'ennui de la fumée et économiser le combustible. Le foyer a beaucoup de largeur et peu de profondeur, afin de présenter à la chambre la plus grande surface de feu, d'où résulte plus de rayonnement, et conséquemment plus de chaleur. La partie supérieure de la cheminée est partiellement fermée par des plaques de grès, qui forment une voûte, et dans le mur de derrière on a pratiqué une niche ovale, comme on le voit, fig. 72; enfin, on donne à la gorge une section très-petite, afin d'augmenter la vitesse du tirage et accélérer la marche de la fumée.

CHEMINÉES DU STAFFORDSHIRE.

A Birmingham et dans les environs de cette ville, on trouve à peu près le même système de cheminées.

La figure 74 indique la manière dont sont placées les grilles qui servent à brûler la houille ou le coke, et dont l'usage ne tardera pas sans doute à se répandre en France. La place destinée à recevoir la grille des

cheminées ordinaires est ici complètement bouchée par un mur élevé dans le plan du manteau; on n'y laisse qu'un petit passage pour la fumée, un peu au-dessus de la grille, qui, comme on le voit, s'avance de toute sa profondeur dans l'intérieur de la chambre.

Les dimensions du passage pour la fumée ne varient guère en raison de celles de la grille; terme moyen, elles sont d'environ neuf pouces en carré.

Lorsque le réduit destiné à la grille est très-grand, quand, par exemple, on désire de la cuisine d'une vieille maison faire un salon, ou bien encore qu'on veut économiser le combustible, on fait construire un tuyau derrière la grille, qui va se rendre à la gorge de la vieille cheminée, et les espaces latéraux servent d'étuves ou d'armoires pour les substances qui ne peuvent supporter l'humidité sans se détériorer.

Cette méthode est de beaucoup préférable pour les foyers ouverts sur lesquels on brûle la houille ou le coke, à celle du chimiste américain, comte Rumford, ci-devant Benjamin Thompson. A la manie si générale de vouloir voir la flamme des foyers, il a fallu sacrifier, convenance, propreté et économie. Cependant il n'est personne qui n'ait pu se convaincre que le chauffage au moyen de poëles, bouches de chaleur, tuyaux à vapeur, etc., etc., etc., ne soit, sous une infinité de rapports, préférable à la méthode peu philosophique des foyers ouverts.

Bien plus, les courants d'air qui s'établissent dans les chambres chauffées par des cheminées, sont souvent une véritable calamité, et les personnes qui les habitent, loin de pouvoir conserver une température à peu près égale, rôtissent presque toujours d'un côté et gèlent de l'autre.

Loin de nous de prétendre qu'une parfaite égalité

de chaleur soit désirable; ce serait certainement s'exagérer l'idée du bien-être qu'on doit éprouver, que de supposer qu'on n'en peut jouir qu'autant que la chaleur est partout parfaitement égale. Il n'en est pas ainsi dans la nature : le soleil nous échauffe par chaleur rayonnante, et par conséquent il nous échauffe inégalement. Nous n'éprouvons jamais de chaleur fatigante ou nuisible tant que l'air n'est point trop raréfié. S'il y a quelque inconvénient à cette inégalité de chaleur, cet inconvénient, il faut l'avouer, se renouvelle toutes les fois que le soleil luit, et cependant la fraîcheur de l'air et la chaleur des rayons du soleil, quand elles se trouvent réunies, procurent les sensations les plus agréables. Les plantes aussi, dans l'état de nature, sont exposées à une inégalité de température, et ceux qui les ont cultivées avec le plus de succès ont reconnu qu'une chaleur uniforme, lorsqu'on la leur applique artificiellement, n'est pas ce qui leur est le plus utile. En imitant la nature dans la culture des plantes, on a obtenu assez d'avantages pour prouver que c'est la meilleure méthode à suivre.

CHEMINÉE D'ONESIPHORUS PAUL.

Puisqu'on n'a point voulu abandonner la vue du foyer pour d'autres commodités, ceux qui se sont occupés d'améliorer nos moyens de chauffage ont été forcés de se ployer à cette habitude, et de concilier la vue avec l'économie du combustible, le courant d'air de l'appartement et la plus grande égalité possible de température. Bien des plans ont été faits, bien des projets tentés; mais aucun n'a été généralement adopté, et il en est un grand nombre, il faut l'avouer, qui méritaient à peine d'être examinés. La seule exception que nous croyons devoir faire est en faveur

de la cheminée-poële de sir George Onesiphorus Paul, dont on fait usage à la prison de Gloucester. Ce curieux appareil peut servir à la fois de cheminée ouverte, de poële et de ventilateur.

La figure 75 en donne une vue perspective. *a* est le foyer, dont les dimensions sont moyennes; *b* est une grille qu'on y place, dont les côtés *nn* la dépassent de deux pouces et demi; *cc* sont deux portes battantes qui ferment le cendrier; *dd* deux portes semblables, qui ferment le devant de la grille; *e* porte qui ferme le dessus de la grille, lorsqu'on veut obtenir un fort tirage; la fumée se dirige alors par l'ouverture *h*, et la porte sert à réchauffer des plats au besoin; *f* est une barre plate qui se projette de deux pouces et demi en avant de la grille, et sert de panneau pour les portes supérieures et inférieures; *gg* ouverture du cendrier communiquant avec des tuyaux pour le passage de l'air, ouvrant par-derrière ou sur les côtés; *h* ouverture dans le conduit de derrière, qui sert de passage pour la fumée quand la porte *e* est fermée; *i* double registre qui sert à fermer le conduit de derrière quand la grille est ouverte, ou le conduit de devant quand le tirage par derrière devient nécessaire, ou enfin pour empêcher la chaleur de s'échapper par la cheminée.

Les trous *gg* doivent être munis de rebords, saillants de quelques pouces, qui reçoivent les tuyaux pour le passage de l'air, et on adapte en *gg*, à l'intérieur, des portes qu'on ferme quand celles de la grille sont ouvertes. En effet, dans ce dernier cas, il n'y a presque point de tirage à travers ces tuyaux, et la poussière ou la cendre les traverseraient sans cette précaution, et se répandraient dans la chambre. Les tuyaux fixés dans les rebords se prolongent dans une direction quelconque, soit de bas en haut, où ils vont

assainir les chambres inférieures, soit vers le plafond de la chambre même où est le foyer ou toute autre chambre supérieure.

Il est nécessaire, dans tous les cas, de diriger, de bas en haut, la première pièce de tuyau, afin d'empêcher les étincelles des petits charbons allumés de descendre dans les chambres inférieures lorsque le tuyau total est dirigé de haut en bas. L'expérience a démontré que la pente était assez forte pour prévenir ces accidents, en élevant la partie inférieure du tuyau à la hauteur du bord supérieur des rebords qui le reçoivent.

Le peu d'élégance de cette cheminée est sans doute un grand obstacle à ce qu'elle soit généralement adoptée. C'est cependant un défaut auquel il est très-facile de remédier.

DES POÊLES.

Il est un autre moyen de distribuer la chaleur, et qui a quelques avantages sur les méthodes que nous avons pu examiner.

Mais d'abord il est utile de remarquer qu'une chaleur modérée est tout ce qui est nécessaire et tout ce qu'on doit rechercher dans les appartements, et que toutes les fois qu'on y entretient une température trop élevée, on y introduit une cause directe d'affaiblissement et de langueur.

Il doit paraître évident que l'effet de la chaleur, dans les lieux habités, doit être tel qu'il ne produise aucune altération chimique dans les corps réchauffés; or, il a été complètement démontré qu'une chaleur sèche, dont la température ne s'élève pas au-dessus de deux cent douze degrés Fahrenheit, ne peut altérer aucune espèce de matière animale ou végétale, ni vicier d'une manière sensible la qualité de l'air. On peut donc em-

ployer une surface d'une chaleur limitée à deux cent douze degrés Fahrenheit pour chauffer un appartement. Si ce degré de chaleur était plus élevé, on courrait le risque de produire un *air brûlé*, qui n'est ni sain ni agréable.

Le principe, qui défend de mettre l'air en contact avec toute substance portée à une chaleur supérieure à celle de l'eau bouillante, exclut, pour les foyers, les matériaux qui conduisent la chaleur avec une très-grande rapidité; d'ailleurs, ces matériaux privent si promptement le combustible de sa chaleur, que la combustion n'est jamais parfaite, et qu'il en résulte naturellement une plus grande consommation.

Il convient donc de renfermer le combustible dans un massif d'une épaisseur convenable, et construit avec des matériaux qui soient faibles conducteurs. La brique est ordinairement employée à cet effet; les conduits des serres chaudes ont toujours été faits de cette manière. Est-ce par suite de raisonnement ou à raison de convenance? il est difficile de le décider. L'étendue à laquelle la chaleur peut être conduite par cette méthode, est assez limitée; mais, si les matériaux étaient d'une excellente qualité, ce serait, sans aucune comparaison, le moyen le plus simple et le plus sûr de chauffer l'air dans un petit espace. Les briques communes ne sont pas bonnes, parce qu'elles contiennent une matière sulfureuse, qui se sublime à une température peu élevée; elles sont aussi sujettes à s'ouvrir dans les joints, et même à être brisées par la dilatation de l'air dans les conduits. Les gaz dangereux et la vapeur du combustible, s'échappant par les fentes et les ouvertures ainsi produites, se mêlent avec l'air qu'on veut échauffer. Dans les endroits qui le sont de cette manière il est aisé de reconnaître, à l'odeur particu-

14.

lière qui s'y répand, l'altération que l'air éprouve. Il ne serait pas difficile cependant de remédier à ce défaut. Une caisse de fer construite, de sorte qu'une dilatation irrégulière ne pût la rompre, qui serait impénétrable à l'air, et qu'on entourerait d'un lit de bonnes briques construites par *compression*, assez épais et assez étendu pour limiter la température de la surface à 212 degrés, formerait un excellent poêle : placé de manière à n'éprouver aucune perte de chaleur, et ayant une étendue de tuyau assez grande pour tirer parti de tout l'effet du combustible, il serait d'une utilité très-réelle.

Les diverses formes de poêles, dit poêles suédois, ne sont que des applications variées de ce principe.

Leur emploi, dans les parties septentrionales de l'Europe, est d'une absolue nécessité. Ils conservent long-temps leur chaleur, et n'exigent guère que le sixième du combustible qu'on brûlerait dans une cheminée ordinaire. De plus, ils peuvent recevoir toutes sortes d'ornements; car assurément rien n'est plus élégant que les poêles de faïence de la Flandre française, et que les poêles de stuc que l'on voit en Russie.

Plus la surface du poêle, construit d'après ces principes, est considérable, plus la chaleur est grande. Il ne faut donc point s'étonner de les voir occuper quelquefois toute la hauteur d'un appartement, avec une largeur et une profondeur proportionnées à la première dimension.

La figure 76 représente une des faces d'un poêle de ce genre. *a* est le gueulard, ou la porte qui sert à introduire le combustible et à allumer le feu. Cette porte est ordinairement munie d'un petit guichet, qui ferme à coulisse.

La figure 77 est une section de ce poêle faite vers le tiers de la longueur, du côté où est située la porte

a de la figure 76. *b* est la cavité où l'on place le combustible, et qu'on peut appeler le foyer. Il est séparé de la cavité *c*, laissée, au-dessous du poêle, par un plancher de terre ; *d d* sont des cavités qui amassent et conservent la chaleur, et que la fumée traverse ; *e* est une autre cavité qui n'a point de communication avec les autres, et que par conséquent la fumée ne traverse pas ; elle est placée au sommet du poêle, et sert ordinairement de séchoir ; mais, comme la poussière s'y amasse, il est préférable de terminer le poêle par une surface plane.

La figure 78, qui est une autre section du poêle, fera encore mieux concevoir sa construction, et la direction que prend la fumée. *h* est le foyer chargé de bois. Les chicanes *k k*, ainsi que le toit *k*, sont en briques ou en terre cuite. On voit que les chicanes se projettent à l'intérieur des trois quarts environ de la longueur totale. Leurs extrémités *l l* sont soutenues par des pièces de fer fixées dans le poêle. Par ce moyen, le passage de la fumée n'est point interrompu, et on la voit suivre le courant d'air.

Le cours de la fumée est rendu encore plus sensible par la figure 79, qui est une section de la partie du poêle la plus éloignée de la porte. *m m* sont les conduits pour la fumée. De niveau avec la partie supérieure de la cavité et dans le dernier des conduits est une petite trappe *n*, qu'on a le soin de fermer lorsque le combustible est carbonisé ; ce qui, en arrêtant la combustion, contient la chaleur à l'intérieur du poêle, d'où elle se répand dans l'appartement. Mais, comme, lorsque l'atmosphère est très-froide, elle pourrait venir refroidir toute la partie du poêle située au-dessus de cette trappe, on pratique une seconde trappe à la partie extérieure de la cheminée située au-dessus du toit de

la maison; et au moyen d'une tige de fer et d'un petit mécanisme facile à imaginer, ces deux trappes peuvent être fermées de l'intérieur avec beaucoup de promptitude et de facilité.

Cependant le moyen qu'on emploie le plus ordinairement pour fermer cette ouverture consiste à y enfoncer un bouchon de terre cuite, dont les bords dépassant les parois du trou, entrent dans une gouttière qui l'entoure; on recouvre le tout avec du sable. On introduit ce modérateur par une porte pratiquée dans les parois du poêle, qu'on ferme elle-même par un plateau de terre. Toute la masse du poêle repose sur des piliers ou sur une petite voûte, de sorte qu'elle est élevée de quelques pouces au-dessus du sol.

On allume d'abord, dans le fond du foyer, un peu de paille ou quelques copeaux, afin d'échauffer l'intérieur et de créer un courant; puis on empile le bois sur le devant du foyer du côté de la porte, et on l'allume; le courant qui s'est déja établi dirige aussitôt la fumée dans son conduit. On ferme d'ailleurs la porte *a*, en laissant le guichet ouvert, le courant d'air qui le traverse frappe sur le milieu ou sur la partie inférieure du combustible, et ne tarde point à le faire flamber. Le but de cette construction est évident. On se propose d'y retenir la flamme et l'air échauffé le plus long-temps possible, en leur faisant traverser de longs conduits, et en multipliant, autant que possible, les surfaces échauffantes.

C'est dans ce but que le poêle est élevé au-dessus du niveau du sol, et qu'on l'isole autant que possible. On a remarqué que le fond et le derrière du poêle contribuaient pour une moitié à l'effet total, et l'effet du fond tout seul est au moins égal à celui des deux surfaces antérieure et postérieure. Lorsque les cham-

bres sont petites, un poêle de cette espèce suffit pour en chauffer deux à la fois. Chez les particuliers un peu aisés, ces poêles sont placés dans le voisinage des passages et des corridors de la maison, de sorte que les domestiques peuvent les entretenir sans entrer dans les appartements. D'ailleurs on évite ainsi la poussière et les cendres. Ce système de poêle est infiniment préférable aux grands poêles des ateliers, tant sous le rapport de la production de chaleur, que sous celui de l'économie de combustible.

On pourra peut-être objecter que la chaleur de ces poêles est malsaine, et qu'en absorbant continuellement l'humidité du corps, elle occasionne le mal de tête et fatigue les yeux. Mais si l'on remplace cette humidité, ces sensations n'auront plus lieu, et cela est très-facile; car il suffit de placer sur le poêle un vase de verre ou de terre rempli d'eau, ayant peu de profondeur, et au contraire une très-grande surface. L'eau, en s'évaporant, remplacera l'humidité dont la chaleur du poêle aura privé la chambre, et garantira ainsi de tout inconvénient.

On a remarqué que lorsque ces poêles étaient employés au chauffage des serres d'orangers, les arbres jaunissaient et perdaient leurs feuilles lorsqu'on ne pouvait point renouveler l'air très-souvent; ce qui dans les grands froids n'est point sans danger pour les plantes. Le bassin d'eau dont l'expérience a démontré l'efficacité, remédie à tous ces inconvénients, et rend à la serre l'humidité dont les arbres ne peuvent se passer.

Il paraîtrait d'après les restes de maisons romaines, si nombreux en Angleterre, que les maisons de bains, ou au moins la partie qu'on appelait *Hypocaustum*, était chauffée d'après ce principe. Il n'y a de différence qu'en ce que l'appareil était placé au-dessous du

parquet de la chambre ; il y avait une porte à peu près au niveau du sol, par laquelle on introduisait le combustible, et qui servait aussi d'entrée au ramoneur. Trois des flancs, et quelquefois une partie du quatrième, étant contigus au sol, il n'y avait que peu de perte de chaleur, et presque toute la force du feu se portait à la partie supérieure et échauffait la chambre située au-dessus.

On retrouve à peu près ce mode de chauffage dans les parties septentrionales de l'Asie, en Chine et en Tartarie, par exemple. Les poêles fermés des Chinois sont, pour la plupart, situés comme ceux des Romains, au-dessous de la chambre à échauffer.

La figure 80 représente leur construction. *a* est un grand trou creusé dans le sol pour le cendrier qui y entre tout entier; *b* ouverture à la partie supérieure du cendrier, assez grande pour qu'un homme puisse y descendre et le nettoyer, et qui laisse en même temps passer l'air qui entre dans le foyer ; *c* gueulard du foyer, qu'ordinairement on laisse ouvert; *d* regard ouvrant dans le foyer, qu'on ne ferme pas non plus. A la partie postérieure du foyer est un long passage étroit disposé, non horizontalement comme dans les fourneaux de fondeur, mais verticalement, et sa hauteur est presque égale à celle du foyer.

La fumée et l'air échauffé, après avoir traversé ce passage, se rendent dans un conduit principal *f*, très-profond et très-étroit, qui traverse presque toute la largeur de la chambre en dessous du parquet, et qui communique à deux bras qui, de son milieu, s'étendent à droite et à gauche presque jusqu'aux autres côtés de la chambre. Ce conduit en croix est recouvert en briques, mais d'espace en espace ses flancs sont percés d'ouvertures qui laissent passer la fumée. Plus

généralement on ne perce ces ouvertures que dans la seconde branche, celle qui vient croiser le conduit *f*.

Le parquet de la chambre est double. Le premier n'est le plus souvent que de l'argile et du sable bien battus ensemble; le second maintenu à quelques pouces au-dessus du premier par des briques cubiques placées de distance en distance, est pavé avec de grands carreaux de terre cuite. Entre ces deux planchers on laisse deux conduits horizontaux *l l* à chaque extrémité de la chambre, qui reçoivent par un de leurs bouts *m m*, la fumée et l'air échauffé qui ont circulé sous le parquet, et les déchargent dans les cheminées *n n*.

On prend les plus grands soins pour bien cimenter les dalles du parquet supérieur, afin de fermer tout accès à la fumée. Dans les appartements royaux les carreaux sont en porcelaine, ils ont deux pieds en carré, et on en met deux rangs les uns sur les autres, de telle sorte que les joints des carreaux inférieurs ne coïncident point avec ceux des carreaux supérieurs. Il y a, d'ailleurs, plusieurs méthodes pour construire ces koa-kang et ti-kang, comme les Chinois les appellent.

Dans les maisons riches on place le fourneau dans la cour, adossé contre le mur qui regarde le nord, ou bien encore dans la salle où se tiennent les domestiques, et qui précèdent la grande chambre; les cheminées sont à l'extérieur.

Dans les maisons pauvres on bâtit le fourneau et les conduits de la cheminée dans la chambre même; il sert à faire bouillir de l'eau pour la famille, et ne laisse pas que de contribuer au chauffage.

Les riches ne brûlent que du bois, ou une espèce de houille qui ne donne point de fumée et brûle comme de l'amadou. Les classes mitoyennes emploient de la

petite houille réduite en fragments comme du gros sable, et mêlée à une espèce d'argile jaune, dont ils font des briquettes; les pauvres gens de la campagne se contentent de ce qu'ils peuvent trouver : le plus souvent c'est du genêt, de la paille, ou même de la bouse de vache qu'ils font sécher.

Nul doute que ce système de chauffage des Chinois ne puisse être, dans bien des cas, adopté avec avantage en Europe. Le père Grammont, missionnaire, à qui nous devons ces informations, a oublié de nous dire si on laissait le combustible se consumer en entier; ou si, comme dans nos poêles, aussitôt qu'il cesse de donner de la fumée, on empêche, au moyen d'une clef ou d'un registre, la chaleur de s'échapper dans l'atmosphère. Il nous apprend seulement que l'économie du combustible est considérable, et qu'à Pékin où la température est en hiver de — 9 à — 13 degrés de Réaumur, les maisons qui, pour la plupart, sont tournées vers le midi, conservent par ce moyen une température intérieure de 7 à 8 degrés de la même échelle, quoique les fenêtres, où au lieu de vitres on met ordinairement du papier huilé, laissent un passage à l'air extérieur pour la ventilation.

CONDUITS A FUMÉE POUR LES SERRES CHAUDES.

Le moyen le plus généralement employé pour échauffer les serres, a beaucoup d'analogie avec le mode de chauffage des Chinois, et toutes les fois que les serres seront peu considérables, on fera bien de l'employer. Pour ce qui tient au degré de chaleur, en effet, il est toujours possible de l'obtenir avec de bons conduits qui ne laissent point pénétrer l'air, formés de briques bien cuites et bien cimentées avec du mortier de chaux,

surtout s'ils sont disposés convenablement, et que la fumée et l'air échauffé les traversent facilement.

S'il s'agit d'une serre de longueur extraordinaire, on préfère augmenter le nombre des fourneaux plutôt que leur dimension. En effet, lorsqu'on accroît leur dimension, ils avancent sous le hangar, ou, si l'on veut, ils s'éloignent d'une telle distance du mur de la serre, qu'une grande partie de la chaleur est perdue, sans parler de celle qui est nécessaire pour échauffer l'énorme masse de briques qui les composent. Les petits fourneaux, au contraire, peuvent entrer, en grande partie, sous les murs ou le plancher de la serre.

Dans les pays où l'on n'a pour tout combustible que de la tourbe, du bois ou de mauvaise houille, il faut nécessairement donner de grandes dimensions au fourneau; dans ceux, au contraire, où l'on peut se procurer de bonne houille, du charbon de bois ou du coke, le meilleur des combustibles pour les serres, on peut toujours ne leur donner que des dimensions peu gênantes. En général, ces dimensions seront toujours en raison inverse de la puissance du combustible qu'on emploie.

Quant à la situation des fourneaux, on doit chercher à les placer de un ou deux pieds au-dessous du niveau du conduit, afin de faciliter la circulation de l'air chaud et de la fumée, qui tendent toujours à s'élever.

On donne à la porte du foyer de dix à douze pouces en carré. Ce foyer lui-même a de deux à quatre pieds de longueur sur un pied et demi à deux pieds de largeur et de hauteur. Tout cela dépend de la qualité du combustible. Si l'on emploie la houille de Newcastle, un foyer de deux pieds de long, dix-huit pouces de large et dix-huit pouces de haut équivaudra à un foyer

de dimension double, chauffé avec la houille fumante du Lancashire.

Il y a une infinité de méthodes pour la construction des conduits.

Les flancs des conduits horizontaux sont ordinairement formés de briques placées sur leur bord et recouverts par des tuiles, soit de la plus grande largeur du conduit, soit seulement d'un pouce plus étroites, qu'on assujettit alors avec du mortier, qui remplit aussi l'espace laissé entre le bord de la tuile et le bord extérieur du conduit. Toutes pierres capables de résister à la chaleur sans se briser, peuvent remplacer la tuile; on les préfère même, parce que, en général, elles ont plus de longueur, et elles diminuent par conséquent le nombre des joints qui peuvent quelquefois laisser échapper la fumée, au grand détriment des plantes. On creuse souvent la face supérieure de ces pierres, et on remplit d'eau la cavité ainsi formée. Cette eau se réduit en vapeur, et contribue beaucoup au bien-être des plantes.

Il faut, le plus possible, chercher à rendre ces conduits propres à donner une chaleur uniforme ; car c'est un défaut très-grave, dans une serre chaude, d'y voir les progrès de la végétation différer, suivant qu'elle a lieu dans une partie ou dans une autre de la longueur de la serre. Dès que la fumée est parvenue à une assez grande distance du foyer, pour que la température se trouve au-dessous de deux cent douze degrés Fahrenheit, il est avantageux d'employer des tuyaux de fonte pour la conduire; ils donnent plus de chaleur, et cela, dans cette partie du conduit qui en a le plus besoin, étant la plus éloignée du foyer. Par la méthode ordinaire d'employer de mauvais conducteurs dans toute la longueur du conduit, une partie de la chaleur se perd, et la fumée s'échappe à une haute température.

On emploie encore quelquefois seuls les conduits de fonte, à cause de leur durée; mais ils doivent alors reposer dans le sable ou dans un massif de maçonnerie.

La dimension des conduits est, le plus souvent, de neuf pouces sur quatorze ou dix-huit, mesurés intérieurement. Ces proportions sont très-convenables pour un foyer de deux pieds de long, de dix-huit pouces de haut et de dix-huit pouces de large, où l'on brûlerait de bonne houille.

C'est à la partie postérieure du mur de derrière qu'on dispose les fourneaux, parce qu'ainsi ils se voient moins : voilà pour l'élégance; mais, sous le rapport de l'utilité, ils seraient beaucoup mieux placés contre le mur de devant, de manière à entrer d'une bonne longueur dans la chambre, sans y faire d'angles; et, en fait de jardinage, nous pensons que l'agréable doit être sacrifié à l'utile, lorsqu'on ne peut les réunir l'un et l'autre.

Les conduits sont ordinairement dirigés autour de la serre. Ils partent d'un point situé à une petite distance du parapet, courent le long du côté où ils entrent, puis en face de la serre, puis sur le côté opposé au premier, et, dans les serres étroites ils retournent dans le mur de derrière; dans les grandes serres, au contraire, ils se rendent au milieu; et dans quelques-unes enfin ils reviennent s'étendre le long de la branche initiale et au-dessus d'elle. Cette méthode est préférable dans les serres étroites.

La puissance des conduits dépend en si grande partie de leur construction, du combustible qu'on emploie, de la manière dont la serre est couverte, de l'arrangement des vitres, qu'il n'y a guère de rapport à donner entre la grandeur de la serre et la quantité de combustible à employer. On verra cependant, dans

le chapitre suivant, quelques règles générales, qui ne peuvent manquer d'être utiles.

En général, il vaut mieux pécher par défaut de chaleur que par excès.

On se sert quelquefois de conduits souterrains qui viennent se rendre dans une cheminée placée au milieu de la serre, où elle s'élève au milieu d'arbres et d'arbustes, qui la cachent. Cette méthode est bonne pour les serres détachées et qui ont beaucoup de vitrage.

EMPLOI DE LA VAPEUR.

La vapeur est un moyen de conduire la chaleur, qui, lorsqu'on l'emploie à une basse pression, ne peut jamais élever la température de l'enveloppe qui la contient au-dessus de celle de l'eau bouillante; et lorsque cette enveloppe est d'une matière convenable, elle ne produit aucun effet sensible sur l'air; on peut la conduire dans toutes les parties d'un bâtiment avec la plus grande facilité, et elle offre une entière sûreté.

Un avantage important de l'appareil à vapeur, et qui le distingue de toute autre méthode de distribuer la chaleur, c'est qu'il peut s'étendre en tous sens à une très-grande distance de la chaudière. On peut la diriger en haut, en bas, ou horizontalement, avec une égale facilité. La perte de chaleur est peu considérable à un point éloigné; de sorte qu'un seul feu suffit pour un immense établissement, et on peut l'établir là où la fumée est le moins capable de nuire, et où l'aspect du fourneau est le moins désagréable. La distance de la chaudière à la serre la plus éloignée, dans l'établissement de MM. Loddiges à Hackney, est d'environ huit cents pieds, et il paraît qu'on aurait pu la porter encore plus loin.

Mais partout où la vapeur est employée, il faut que

cet emploi soit dirigé par une personne également capable et soigneuse; car, bien qu'il soit parfaitement sûr en de pareilles mains, il demande trop d'attention pour être confié à des domestiques paresseux, ou occupés d'autres travaux. L'appareil doit toujours être en bon état: il ne faut pour cela qu'une légère attention; mais il ne souffre absolument point de négligence. Le combustible, d'ailleurs, doit être plus souvent renouvelé que dans les fourneaux ordinaires.

On prétend communément, dit M. Tredgold, que le chauffage par la vapeur est plus économique que celui des conduits à fumée. Je ne sais comment la comparaison a été faite par d'autres; mais il faut être novice dans l'art pour n'être pas en état de produire à peu près le même effet par l'une ou par l'autre méthode, toutes choses égales d'ailleurs. Je sais cependant que, dans les deux modes, il est facile de mettre assez de maladresse pour laisser perdre une moitié de la chaleur qu'on veut employer, et qu'en choisissant les exemples de comparaison, on peut à volonté faire paraître plus économique l'une ou l'autre des deux méthodes. Toutes les fois qu'on pourra facilement surveiller l'emploi de la vapeur, on pourra l'employer; dans le cas contraire, on préférera les conduits à fumée.

Du reste, la vapeur ne paraît pas devoir être employée toute seule pour chauffer les habitations; mais on peut, dans les maisons considérables, s'en servir auxiliairement pour procurer de la chaleur et aider à la ventilation.

Une chambre un peu vaste peut rarement être convenablement chauffée par des feux de cheminée, et les longues salles, les corridors et les escaliers ne sauraient l'être de cette manière sans une dépense considérable en combustible. La méthode la plus avantageuse semble

donc devoir être celle où l'on fait usage des deux principes de chauffage à la fois, c'est-à-dire où l'on emploie dans les appartemens la chaleur rayonnante d'un feu de cheminée, en y entretenant en même temps de l'air en partie échauffé, tandis que les passages, les grandes salles et les escaliers sont chauffés par des vaisseaux à vapeur convenables.

Dans tous les cas, plus la surface des vitrages sera considérable, plus la quantité de chaleur nécessaire sera grande; mais il ne faut pas que de simples motifs d'économie nous fassent oublier l'influence qu'une grande masse de lumière a sur la santé et la force des hommes, surtout dans les écoles et les ateliers; car plus on retranchera de lumière et d'air, et plus les personnes qui y séjourneront seront pâles et languissantes. En faisant des fenêtres doubles, la perte de chaleur est réduite à moins d'un tiers, sans diminuer sensiblement la quantité de lumière.

On a cherché à établir un rapport approximatif entre la quantité de vapeur, l'espace à échauffer, et la contenance de la chaudière. D'après M. Buchanan, un pied de surface de tuyaux à vapeur chauffera convenablement deux cents pieds cubes d'espace fermé, et un pied cube de chaudière doit suffire pour chauffer deux mille pieds cubes d'espace.

Ce rapport grossier, calculé pour les filatures de coton, est parfaitement inutile lorsqu'on désire un plus grand degré de ventilation, comme dans les hôpitaux, ou bien qu'une plus grande quantité de vitrage est nécessaire, comme pour les serres chaudes.

Nous allons donner des moyens plus exacts d'établir ces rapports, et de les mettre en harmonie avec le degré de ventilation nécessaire. C'est M. Tredgold qui nous servira de guide dans ces évaluations.

Il existe dans toutes les circonstances deux causes directes de perte de chaleur : la première est le refroidissement qu'éprouvent les vitrages et les autres surfaces extérieures d'un bâtiment par l'effet du contact de l'air extérieur ; la seconde est la quantité de chaleur qui doit être chassée avec l'air impur par la ventilation, celle qui se perd par les fentes, crevasses et autres ouvertures. L'une et l'autre de ces causes dépendent de la nature de l'édifice, de l'objet auquel il est destiné.

Nous allons donner le calcul de la perte de chaleur qui a lieu dans différentes circonstances : mais remarquons provisoirement qu'elle peut toujours être mesurée par une certaine quantité d'air pris à la température extérieure, et réchauffé au degré de la température intérieure.

Il faudra encore déterminer la quantité de combustible qui procurera la chaleur voulue.

Remarquons toutefois que ces principes, donnés par la pratique, sont généraux, c'est-à-dire que ce qui concerne les tuyaux à vapeur s'applique également à toute autre enveloppe renfermant tout autre fluide, s'il refroidit dans le même milieu.

On désigne en général par l'unité la chaleur spécifique de l'eau ; on peut donc exprimer l'effet produit par un tuyau à vapeur par le nombre de degrés dont une portion déterminée de la surface éleverait la température d'un pied cube d'eau ; alors la quantité en pieds cubes de tout autre corps qui serait élevée au même degré de chaleur, serait en raison inverse de sa chaleur spécifique, ou serait le dénominateur de la fraction qui en exprimerait la chaleur spécifique.

Par exemple, la chaleur spécifique de l'eau étant 1, celle de l'air est, pour la pratique, 0.00035 ; si l'on multiplie par 0.00035 la quantité de combustible né-

cessaire pour élever d'un degré la température d'un pied cube d'eau, on aura celle qui éleverait d'un degré la température d'un pied cube d'air; vingt fois cette quantité l'éleverait de 20 degrés, trente fois, de 30 degrés, et ainsi de suite.

Cela posé, il faut d'abord connaître quel est le degré le plus bas où puisse descendre la température de l'air extérieur ou de l'air qui doit fournir la ventilation.

Dans le climat de Londres, on peut prendre 30° de Fahrenheit pendant le jour; pour la nuit, il faut supposer que le plus grand froid fait descendre le même thermomètre à 0°. Dans le climat de Paris, les nombres correspondans de la même échelle sont à peu près 33 et 2.

Il faut aussi connaître la température à laquelle on veut entretenir la chambre qu'on doit échauffer, et la quantité d'air qu'il faudra élever de la température extérieure à celle de la chambre, pour remplacer la perte de chaleur en entretenant la ventilation. On a observé que la température moyenne de la surface d'un tuyau qui contient de la vapeur est, sous la pression ordinaire, de 200°.

Voici la règle pour trouver la quantité de tuyaux de fonte qui maintiendra la chambre à la température demandée. Multipliez les pieds cubes d'air qu'il faut échauffer par minute, pour remplacer la ventilation et la perte de chaleur (que nous apprendrons à évaluer), par la différence entre la température à laquelle la chambre doit être entretenue et celle de l'air extérieur, en degrés de Fahrenheit, et divisez le produit par 2.1 fois la différence entre 200 et la température de la chambre; le quotient donnera la quantité de surface de tuyau de fonte qui suffira pour *maintenir* la chambre à la température demandée.

Ou *algébriquement* soient :

A = le nombre de pieds cubes d'air à chauffer par minute pour remplacer la perte de chaleur ;

t = la température demandée pour la chambre ;

t' = la température de l'air extérieur ;

S = la surface de tuyau cherchée.

On a

$$S = \frac{A\,(t - t')}{2.1\,(200 - t)}.$$

Exemple. Supposons que la perte nécessaire de chaleur soit, par minute, de 692 pieds cubes ; qu'il faille maintenir la température à 56° de Fahrenheit, l'air extérieur étant à 0° de la même échelle : quelle est la surface de tuyau nécessaire ?

La formule devient

$$s = \frac{692 \times 56}{2.1\,(200 - 56)} = 128 \text{ pieds carrés}$$

de surface.

Mais quelle est la quantité de combustible nécessaire pour chauffer une surface donnée de tuyau ?

Règle. Si l'eau condensée rentre dans la chaudière sans perte de chaleur, la même quantité de combustible en poids nécessaire pour porter à l'ébullition un pied cube d'eau prise à la température moyenne, suffira pour chauffer 26 pieds de surface de tuyau pendant une heure, lorsqu'on devra entretenir la température à 60° Fahrenheit. Or, la quantité de combustible nécessaire pour porter un pied cube d'eau, prise à une température moyenne, au terme de l'ébullition, est le septième de ce qu'il faudrait pour la convertir en vapeur, et ce nombre nous le connaissons, c'est 8.4 pour la houille.

Si la chambre doit être entretenue à 80° Fahrenheit, la même quantité de combustible chauffera 30 pieds de surface de tuyau pendant une heure.

Enfin, si l'on veut entretenir la chaleur de la pièce à 100°, la même quantité de combustible suffira pour 36 pieds de surface.

M. Tredgold trouve, d'après ces principes, qu'un boisseau de houille de Newcastle suffit par heure pour fournir à 1820 pieds de surface de tuyau la chaleur nécessaire pour entretenir à 60° la température d'une chambre.

La même quantité fournira assez de chaleur à 2100 pieds pour l'entretenir à 80°, et à 2520 pieds pour l'entretenir à 100°. En effet, $\frac{2520}{36} = 70$, qui, multiplié par $\frac{8.4}{7} = 1.2$, donne pour produit 84. Or, 84 livres de houille font le boisseau de Newcastle.

Lorsque l'eau condensée ne peut pas rentrer dans la chaudière, on perd environ $\frac{1}{12}$ de chaleur, c'est-à-dire qu'il faut réduire de $\frac{1}{12}$ la quantité de surface qui peut être chauffée avec la même quantité de houille.

Il faudra, dans ce cas, augmenter la quantité de combustible, en raison de la perte plus grande de la chaleur de la chaudière; et si l'on n'a pris aucune précaution pour prévenir cette perte à sa surface, il arrivera que cette perte se trouvera quelquefois égale à l'effet des tuyaux auxquels elle fournit la vapeur, et la proportion sera d'autant plus grande que la chaudière sera plus petite.

Une approximation grossière donne un boisseau de houille par hiver, par chaque fois six pieds cubes d'air à échauffer par minute.

Il est nécessaire de connaître la quantité d'eau con-

densée dans un temps donné, parce que, lorsque cette eau ne retourne point à la chaudière, il est indispensable de la remplacer.

Or, dans une chambre entretenue à 60°, 7 × 26 = 182 pieds de surface de tuyau de fonte condenseront un pied cube d'eau par heure; à 80°, ce sera 7 × 30 = 210 pieds de surface; à 100°, enfin, ce sera 7 × 36 = 252. On voit que ces nombres sont précisément les produits par 7 des surfaces de tuyau cherchées précédemment.

Évaluons maintenant la ventilation et les pertes de chaleur.

La quantité d'air viciée par la respiration d'un individu est d'environ 800 pouces cubes par minute; par la transpiration, par la combustion, et autres causes, 5184 pouces; par la combustion d'une chandelle, de 180 à 300 pouces cubes; mais, à cause de diverses autres impuretés, 432 pouces cubes : en tout, 6416 pouces cubes, ou environ 4 pieds cubes par minute.

On voit donc qu'il doit y avoir, pour chaque individu, 4 pieds cubes d'air par minute de renouvelés, qui entraînent une quantité de chaleur égale à la différence entre la chaleur de l'air extérieur et celle de l'air intérieur.

D'ailleurs, le verre des fenêtres laisse échapper une quantité considérable de chaleur, qu'on peut évaluer à peu près à un pied et demi cube d'air par minute, descendu de la température moyenne de la chambre à celle de l'air extérieur, par chaque pied carré de vitrage: il faut donc faire entrer dans le calcul cette considération.

Or donc, si l'on multiplie par 1.5 la surface de vitrage, le produit sera égal au nombre de pieds cubes d'air par minute, dont la température passera de la

chaleur de la chambre au degré de refroidissement de l'air extérieur.

Enfin, on peut évaluer, terme moyen, à onze pieds cubes par minute, la quantité d'air qui s'échappe par chaque porte ou fenêtre qui communique avec l'air extérieur. On peut ne pas prendre en considération les portes intérieures. De toutes ces évaluations on tire la règle suivante, bien suffisante pour la pratique.

Règle.—Dans les édifices publics, les habitations, la quantité de pieds cubes d'air à chauffer par minute doit être égale à quatre fois le nombre des individus que doit réunir le local ajouté à onze fois le nombre des portes et des fenêtres extérieures, et à une fois et demie l'aire exprimée en pieds du vitrage, exposé à l'air extérieur; la somme sera la quantité en pieds cubes qui devra servir pour calculer la quantité de surface de tuyau à vapeur, et par suite la quantité de combustible.

Algébriquement. Soit P le nombre de personnes qu'une chambre doit contenir, v le nombre de fenêtres et de portes, et G l'aire du vitrage, A étant toujours la quantité de pieds cubes à échauffer par minute pour remplacer la perte de chaleur, on a

$$A = 4P + 11v + 1.5G$$

De sorte qu'en remplaçant A par sa valeur dans la formule

$$S = \frac{A(t - t')}{2.1(200 - t)}$$

où S représente la surface de tuyau de fonte, elle devient

$$S = \frac{(4P + 11v + 1.5G)(t - t')}{2.1(200 - t)}$$

Si les fenêtres étaient doubles, et qu'elles fermassent assez bien pour empêcher le mouvement de l'air entre elles, la formule deviendrait

$$A = 4P$$

D'où

$$s = \frac{4P(t - t')}{2.1(200 - t)}$$

Enfin, si les fenêtres, sans être doubles, fermaient hermétiquement, elle deviendrait

$$A = 4P + 1.5G$$

D'où

$$s = \frac{(4P + 1.5G)(t - t')}{2.1(200 - t)}$$

Si l'on divise le nombre de pieds cubes de l'espace d'une chambre par la quantité d'air qu'il est nécessaire de chauffer par minute, pour y entretenir la même température, le quotient sera à peu près égal au nombre de minutes qui serait employé à élever cet air à ce degré de chaleur, en arrêtant la ventilation pendant ce temps.

Dans les serres chaudes, on peut admettre que

$$A = 5L + 1.5G + 11D$$

A étant toujours une perte de chaleur par une cause quelconque, L la longueur de la serre, G l'aire du vitrage, D le nombre des portes; c'est-à-dire que la perte de chaleur dans les serres est, par minute, une quantité de pieds cubes d'air égale à cinq fois la longueur du vitrage du toit, plus une fois et demi l'aire totale du vitrage comptée en pieds, plus onze pieds

cubes pour chaque porte. De sorte que l'on a, pour la surface de tuyau de fonte nécessaire,

$$S = \frac{(5L + 1.5G + 11D)(t - t')}{2.1(200 - t)}$$

Ces formules s'appliquent au cas où la hauteur verticale moyenne du vitrage de la serre étant d'environ dix pieds, la différence de température, entre l'air de la serre et l'air extérieur, doit être d'environ trente degrés Fahrenheit. Si la hauteur moyenne verticale du vitrage de la serre était de plus de dix pieds, et la différence entre la température de l'air extérieur et celle de la serre, cinquante degrés Fahrenheit, ce qui est le maximum de différence qu'on puisse supposer, on aurait, en appelant *h* la hauteur de la serre en pieds, et conservant les mêmes appellations que précédemment,

$$A = \frac{1}{4} L h^{\frac{3}{2}} + 1.5G + 11D$$

ou, en faveur de ceux qui n'entendent point l'algèbre, on aurait cette règle plus facile et moins exacte :

La perte de chaleur ou le nombre de pieds cubes d'air qui devront être élevés, par minute, de la température de l'air extérieur à celle de la serre, est égale au produit de la longueur de la serre multipliée par la moitié de la plus grande hauteur, comptées l'une et l'autre en pieds, plus une fois et demie l'aire totale du vitrage, plus onze fois le nombre des portes, et employant cette somme, on trouvera la quantité de tuyau nécessaire, et la quantité de combustible, d'après les règles que nous avons données. Voici au surplus la formule pour la surface des tuyaux :

$$S = \frac{\frac{1}{4} L h^{\frac{3}{2}} + 1.5G + 11D)(t - t')}{2.1(200 - t)}$$

En été, la température s'éleverait trop; on est obligé d'ouvrir à la partie supérieure des ventilateurs, dont on trouvera la surface par la formule ou la règle suivante :

a étant la surface en pieds carrés des ventilateurs, L la longueur de la serre, R la longueur du toit vitré, ajoutée à celle du vitrage perpendiculaire, s'il y en a un; *h* la distance du sol à l'ouverture par où l'air s'échappe, on a

$$a = \frac{0.15\,L\,R}{\sqrt{h}} \text{ ou à peu près} = \frac{L\,R}{6\sqrt{h}}$$

c'est-à-dire qu'approximativement la somme en pieds des aires de tous les ventilateurs supérieurs doit être égale à la longueur du toit vitré, ajoutée à la hauteur perpendiculaire du vitrage de devant, s'il y en a un, multiplié par la longueur de la serre, et divisé par six fois la racine carrée de la hauteur, prise du niveau du sol jusqu'à l'endroit où se trouve l'ouverture ou les ouvertures qui laissent échapper l'air échauffé.

APPAREILS DE REMPLISSAGE POUR LES CHAUDIÈRES.

Les appareils dont on se sert pour les chauffages à la vapeur ne diffèrent de ceux employés pour les opérations chimiques qu'en ce qu'ils sont établis sur une plus grande échelle. Si le sommet de la chaudière est exposé à l'action de l'air extérieur, on le fait double et on remplit l'espace vide, entre les deux couvercles, avec du charbon de bois en poudre. Comme ces immenses chaudières exigent un renouvellement d'eau assez considérable, il est absolument nécessaire de les munir d'un appareil en communication avec un réservoir qui remplace l'eau vaporisée. Nous avons déja vu que la hauteur de ce réservoir devait être propor-

tionnée à la tension de la vapeur, nommément que 2.1 pieds d'élévation correspondait à la pression d'une livre par pouce carré.

Le tuyau de remplissage est représenté en *a b*, fig. 81. La partie inférieure est recourbée à l'extrémité, pour empêcher la vapeur de s'y élever. Il est soudé à la chaudière dans l'endroit où il la traverse, et s'élève verticalement. Le haut est terminé par une espèce d'entonnoir *c*, qui reçoit l'eau d'un réservoir *d*. Le fond de l'entonnoir est fermé par une soupape conique *g*, qui s'ouvre par en haut, et qui est attachée par une chaîne à un levier *e*, tournant sur un centre, à l'aide d'un fil de fer *f*, fixé à son plus grand bras. Le fil de fer traverse une boîte à étoupe, et va s'attacher à une pierre plate tenue en équilibre par un poids placé à l'autre extrémité du levier, de manière qu'elle flotte à la surface de l'eau.

Voici le jeu de cet appareil. Lorsqu'une portion de l'eau s'est vaporisée, la pierre baisse avec le niveau de l'eau, tire la branche *f*, qui meut le levier, et ce dernier soulève la soupape conique *g*; or, comme cet entonnoir est constamment entretenu d'eau par un tuyau qui le met en communication avec le réservoir *d*, dès que la soupape s'élève, l'eau entre dans la chaudière, et aussitôt qu'elle est arrivée au niveau convenable, la pierre flotte, et la soupape se referme jusqu'au moment où les mêmes causes reproduisent les mêmes effets.

La principale attention qu'exige la construction de cet appareil, c'est de donner assez d'élévation à l'eau du réservoir *c*, pour faire équilibre à la force de la vapeur. Car, si cette hauteur était trop petite, l'eau de la chaudière serait refoulée dans le tuyau de remplissage, par la pression de la vapeur, et irait s'échapper

par la soupape; mais, lorsque cette hauteur est calculée sur la plus grande force de la vapeur qu'on se propose d'employer, c'est-à-dire deux livres et demie par pouce carré, terme moyen; et, si l'on fait la soupape de l'entonnoir d'une dimension proportionnelle, le tuyau peut tenir lieu de soupape de sûreté, et, dans les chaudières des machines à vapeur, où le robinet du tuyau à vapeur est construit de manière à ne point fermer hermétiquement, on n'a pas besoin d'autre soupape de sûreté; car la vapeur ne manquera pas de se faire jour par le tuyau de remplissage, aussitôt que la pression excédera la hauteur de la surface de l'eau du réservoir. On peut, dans cette vue, donner plus de largeur à la partie *a b* du tuyau ainsi qu'à la soupape. Un tube ouvert *h* permettra à l'air d'entrer, quand il y aura un vide, ou à l'eau, de s'échapper, toutes les fois que la pression deviendra trop grande.

Il existe un appareil de remplissage encore plus simple, dans lequel l'abaissement du flotteur ouvre un robinet dans le tuyau qui vient du réservoir. La hauteur du réservoir se calcule par les méthodes déja exposées.

La figure 82 représente cet appareil. *a* est le tuyau de remplissage, *b* un fil de fer auquel est suspendu le flotteur, qui, en s'abaissant, tourne un robinet *c*, et donne accès à l'eau du réservoir; *d* est un petit tube ouvert qui permet à l'air d'entrer, lorsqu'il y a un vide, ou à l'eau, de s'échapper, toutes les fois que la pression devient trop grande.

DES TUYAUX A VAPEUR.

La fonte de fer est le plus ordinairement employée pour les tuyaux et les vaisseaux à vapeur, et c'est avec raison qu'on la regarde comme préférable, pour cet usage, à tous les autres métaux, attendu qu'elle n'ex-

hale, lorsqu'on la chauffe, rien de dangereux; on peut lui donner toutes sortes de formes; elle est forte et dure long-temps. On a aussi employé, dans beaucoup de circonstances le fer-blanc; on l'a fait principalement, parce qu'il est beaucoup moins coûteux que la fonte, mais il est aussi beaucoup moins durable. Il n'en sort rien de dangereux quand on le chauffe; mais les vaisseaux que l'on fait avec ce métal doivent être garnis de soupapes, pour empêcher qu'ils ne s'écrasent lorsqu'il se forme un vide dans le vaisseau.

La figure 83 montre la forme de cette soupape, qui s'ouvre à l'intérieur, et qui est supportée par un poids placé à l'autre extrémité du levier.

Le cuivre a été très-souvent employé pour les vaisseaux et les tuyaux à vapeur; cependant il est dangereux, en ce qu'il exhale, quand on le chauffe, une odeur particulière qui n'est ni agréable ni saine. Dans les séchoirs on doit l'employer, parce que le fer gâte le linge.

Les tuyaux en cuivre exigent des soupapes, pour éviter qu'ils ne courent le risque de s'écraser.

Le plomb est souvent employé en tuyaux pour conduire la vapeur; cependant il est tout-à-fait impropre à cet usage, parce que la chaleur de l'eau bouillante le dilate au-delà de la force qu'il a pour se retirer, de sorte que les tuyaux de ce métal s'allongent chaque fois qu'on les échauffe, et finissent par manquer.

Afin de remplacer le plomb pour les petits tuyaux, il est nécessaire d'en employer en fer forgé, tel que celui dont on fait usage pour les tuyaux à gaz.

A l'égard de l'espace ménagé pour la vapeur, quand l'emploi doit en être continuel, on remarquera que, d'un côté il ne doit pas être considérable, mais que, de l'autre côté il ne doit pas être tellement resserré,

que la vapeur ne puisse pas s'écouler avec assez de liberté pour fournir toutes les parties de l'appareil. Si l'espace est trop vaste, l'appareil de distribution sera long à se remplir; s'il est trop resserré, la vapeur s'écoulera avec difficulté. Dans les tuyaux, par exemple, le diamètre ne doit jamais être de plus de six pouces; et, quand ils sont nombreux, il ne doit pas être plus petit que trois pouces. S'il fallait, pour obtenir la quantité nécessaire de surface, avoir des tuyaux de plus de six pouces de diamètre, il vaudrait mieux en employer deux, et, avec très-peu de peine de plus, on pourrait les disposer de manière à les échauffer tous les deux, ou à n'en échauffer qu'un seul, suivant l'occasion. Mais, lorsque l'eau condensée doit rester dans les tuyaux, et fournir de la chaleur, quand la vapeur a cessé d'y arriver, il vaut mieux avoir des tuyaux plus larges. Ceux en fonte de fer seraient assez forts, en les coulant aussi minces que possible, sans nuire à leur perfection, c'est-à-dire si on leur donne un peu moins de trois huitièmes de pouce d'épaisseur.

Dans les salons, on ne peut employer les tuyaux avec avantage sans les masquer, à moins qu'on ne préfère les remplacer par des vaisseaux d'une forme élégante. Si l'on remplit de vapeur le vide qui sépare deux cylindres ou deux prismes enfermés l'un dans l'autre, elle agira sur une étendue considérable de surface, sans occuper beaucoup d'espace. On peut même faire servir ces cylindres ou ces prismes de piédestal pour un buste ou une tête. On peut encore convertir ces figures en réservoir pour la vapeur, ainsi que des colonnes, des piliers, des vases, etc. etc. etc.

Il est nécessaire cependant de se mettre en garde contre la dilatation à laquelle la chaleur soumet tous les corps. Cette dilatation diffère pour chaque métal.

Elle est pour la fonte d'un huitième de pouce pour chaque dixaine de pieds de tuyau; pour le fer forgé, d'un huitième de pouce par huit pieds de tuyau; pour le cuivre, elle est d'un cinquième de pouce pour une longueur de six pieds.

Le plomb se dilate encore plus que le cuivre : c'est à peu près de sept vingtièmes de pouce pour chaque dixaine de pieds.

Mais, quoique les tuyaux de plomb ne soient pas propres pour la vapeur, on peut souvent les employer pour ramener l'eau de condensation à la chaudière, et, dans ce cas, on peut regarder la dilatation comme égale à un cinquième de pouce pour dix pieds de longueur.

Afin que les tuyaux puissent s'étendre plus librement, on fera bien de les faire porter sur des rouleaux.

On a employé dans de nouveaux bâtiments des tuyaux verticaux, et, dans un but d'économie, on a fait servir ces tuyaux comme supports; mais la dilatation à laquelle ils sont sujets est une grande objection contre cette méthode. Il y a de plus un grand avantage à ce que l'appareil qui distribue la chaleur, soit distinct des parties fixes d'un bâtiment, de sorte qu'on puisse le renouveler, y faire des changements ou des réparations, sans craindre d'endommager les parties essentielles de l'édifice. Cet avantage, joint aux considérations précédentes, compense et au-delà la nécessité d'avoir un local particulier pour l'appareil.

La manière ordinaire d'assembler les tuyaux, celle qu'on regarde comme la meilleure, consiste à les munir, à leurs extrémités, de bourrelets ou rebords; on fait entrer, entre ces bourrelets, de la filasse légèrement tordue, fortement imprégnée de blanc de plomb, préparé comme pour la peinture. En y mêlant un peu de

litharge, la masse séchera plus vite et durcira davantage. De la flanelle, ou toute autre étoffe d'un tissu lâche, peut remplacer la filasse.

Quelques personnes se servent de ciment de fer pour les joints; mais, quand on peut, sans inconvénient, employer le blanc de plomb et la flanelle ou la filasse, on doit préférer ce dernier moyen.

Voici, au surplus, d'après Faraday, la préparation du ciment de fer. On triture dans un mortier de la limaille de fer bien propre, on la passe au travers d'un tamis grossier; puis on la mêle avec du sel ammoniac en poudre, du soufre et assez d'eau pour humecter le tout légèrement; on l'entasse ensuite avec effort entre les joints, que l'on rapproche aussi exactement que possible. Les proportions sont,

1 partie de soufre;
2 de sel ammoniac;
80 de limaille de fer.

Ce ciment, bien fait, durcit en un ou deux jours. On ne doit point le préparer d'avance, il se gâterait.

Les tuyaux de fer forgé se joignent en fixant les bouts qui doivent être réunis au moyen d'écrous qui passent dans un anneau de plus grand diamètre, et dans lequel on place ces bouts. On peut également les fixer par des écrous dans des tuyaux de fonte ou des cylindres, de manière à faire servir ces derniers comme tuyaux d'embranchement, alonge, etc. etc.

Lorsque, à raison des angles et des détours, on ne peut éviter l'effet des dilatations par d'autres moyens, on pourra joindre les tuyaux par un autre plus petit et court, qui glisserait dans une boîte à l'intérieur des tuyaux.

Il est nécessaire de donner aux tuyaux de toutes les

parties de l'appareil assez de pente pour empêcher tout amas d'eau un peu considérable; car, lorsque la vapeur entre dans les tuyaux, et qu'elle y rencontre une surface d'eau qui s'y est arrêtée, elle se condense avec tant de rapidité, qu'il y a danger pour ces tuyaux, s'ils ne sont point très-solides, de ne pouvoir résister à la pression de l'atmosphère. Lorsqu'il est possible d'établir la chaudière à un niveau plus bas que celui des tuyaux et des autres vaisseaux à vapeur, il est préférable de faire rentrer l'eau de la vapeur condensée dans la chaudière; non-seulement on économise ainsi du combustible, mais on n'a point à renouveler l'eau de la chaudière aussi souvent.

C'est un objet digne d'attention dans les lieux où l'eau est rare.

En conduisant la vapeur au lieu où elle doit être employée, on doit prendre toutes les précautions possibles pour lui conserver sa chaleur.

Or, si l'on place simplement un tuyau à vapeur dans un autre tuyau d'un plus grand diamètre, et qu'on le maintienne au milieu avec des substances qui soient de mauvais conducteurs, il perdra très-peu de sa chaleur. Si l'on conduit un tuyau à vapeur à une distance considérable sous terre, dans un sol qui soit sec, on peut établir une saignée, et en remplir le fond de briques cassées, de petites pierres ou d'autres matériaux de cette nature. Ce tuyau doit être placé dans cette saignée, mais enduit préalablement d'une couche de trois pouces environ de cendres sèches, recouverte elle-même d'un lit de glaise pour empêcher les infiltrations de l'eau extérieure jusqu'au tuyau, et enfin d'une quantité suffisante de terre, pour qu'il ne soit point dérangé.

TUYAUX DE CONDENSATION.

Toutes les fois qu'on n'est point obligé de retenir l'eau dans les tuyaux pour conserver de la chaleur après qu'on a éteint le feu, on doit la faire rentrer dans la chaudière. Le moyen le plus simple, celui qui se présente d'abord, est de donner aux tuyaux une pente vers la chaudière, quand on peut placer celle-ci assez bas.

Il est encore plus avantageux d'établir un petit tuyau particulier pour ramener à la chaudière la vapeur condensée. Les tuyaux à vapeur se rendent alors par la ligne la plus courte à la plus grande élévation où il est nécessaire de porter la vapeur, et descendent ensuite jusqu'au point le plus bas, d'où part le petit tuyau destiné à reporter à la chaudière la vapeur condensée.

Ce petit tuyau doit être entouré de faibles conducteurs de la chaleur, afin qu'il s'en dissipe le moins possible. Mais ces arrangements sont souvent impraticables, parce qu'on ne peut pas toujours placer la chaudière à une profondeur assez grande au-dessous du niveau le plus bas, où doit arriver la vapeur. Mais on sait qu'elle est capable de supporter, par sa tension, une colonne d'eau d'une hauteur déterminée. Ainsi toutes les fois qu'on pourra placer la chaudière à une profondeur qui soit dans la limite de cette hauteur, on pourra employer le moyen suivant pour faire remonter l'eau à un niveau plus élevé.

Figure 84. *a* étant le réservoir où l'eau doit se rendre, *b* la partie la plus basse du tuyau à vapeur, on placera de *a* en *b* un autre tuyau *dcb* portant une soupape *c*, pour empêcher l'eau, que la pression de la vapeur dans le conduit à vapeur force d'y entrer, de pouvoir rétrograder.

Pour que cet appareil puisse remplir l'objet qu'on se propose, le point *d* doit être au-dessus du niveau de l'eau du réservoir, et la hauteur *d b* ne doit point dépasser deux pieds un quart par chaque livre de pression sur le pouce carré.

Mais la place manque quelquefois pour établir cet appareil; alors on emploiera, pour évacuer l'eau de condensation, le siphon renversé que nous allons décrire.

La figure 85 en est une section: *a* est le point le plus bas du tuyau à vapeur, de sorte que quelle que soit la quantité d'eau qui s'y condense, elle se rendra dans le siphon *a b c*, d'où elle s'échappera en *c*, soit pour se perdre, soit pour alimenter un réservoir d'eau chaude. La profondeur de *a* en *b* ne doit pas être moindre que ce qu'il faut pour équivaloir à la force de la vapeur qui est dans les tuyaux; c'est-à-dire de sorte que, si l'on a de la vapeur dont la force soit de quatre livres par pouce carré, la colonne d'eau *b c* soit de dix pieds; et même avec cette pression il y aura des oscillations considérables, à moins qu'on ne place une soupape à quelque point *d;* quand les deux branches sont pleines d'eau et en repos, la soupape doit être ouverte, et elle doit être construite de manière à se fermer chaque fois que l'eau tend à remonter dans le tuyau. Ce siphon doit être assez large pour que toute l'eau de condensation puisse aisément s'écouler; mais il ne faut pas qu'il le soit trop, parce que la branche *a c* se trouvant trop remplie de vapeur, il y aurait une perte de chaleur; dans tous les cas le siphon doit être soigneusement garanti contre la gelée.

Lorsqu'on n'a pas assez de profondeur pour un siphon, on emploie une trappe ou soupape à vapeur, qui s'ouvre au moyen d'un flotteur.

La figure 86 représente cet appareil : *a* est le point le plus bas du tuyau à vapeur, auquel est adapté une boîte de fonte *b c*, munie d'un robinet *d*, qui laisse échapper l'air d'abord repoussé par la vapeur. La boîte *b c* porte à son fond un tuyau *e*, que traverse l'eau condensée fournie par le tuyau à vapeur, et la laisse perdre ou la dirige dans un réservoir d'eau chaude ; dans la boîte *b c* se trouve une soupape conique *f*, qui ferme l'entrée du tuyau *e ;* et cette soupape est surmontée d'une balle de cuivre creuse *g*, d'un volume suffisant pour se tenir à flot, maintenue dans une position convenable par le fil de fer *h*, attaché à la partie supérieure de la boîte. Quand la vapeur est condensée, la boîte carrée se remplit d'eau et fait flotter le cylindre creux ; par conséquent l'eau s'échappe par le tuyau *e* toutes les fois qu'il se trouve dans la boîte plus d'eau qu'il n'en faut pour tenir la balle à flot ; et, lorsqu'il n'y en a point assez, la soupape reste fermée. La soupape ne doit pas être plus large que cela n'est nécessaire pour faire écouler l'eau; et en établissant la balle qui sert de flotteur, on doit avoir égard, dans les proportions qu'on lui donne, à la pression de la vapeur sur la soupape.

MURS ÉCHAUFFÉS.

Afin d'épargner la dépense de tuyaux de fonte, quelques jardiniers les ont remplacés par un mur à cellules communiquant l'une avec l'autre depuis le sol jusqu'au chaperon. On dirige le grand tuyau à vapeur à la partie inférieure tout le long des fondations, et on laisse la vapeur s'échapper à travers les cellules jusqu'au sommet. Elle se condense dans la maçonnerie, et donne à toute la muraille une chaleur uniforme. Si sa hauteur n'excède point dix ou douze

pieds, on peut la construire avec des briques placées de champ, chaque rangée étant formée de séries alternes de deux briques en longueur, et une en travers formant une épaisseur de neuf pouces, et une suite de cellules de neuf pouces de longueur sur trois pouces de largeur. En établissant la rangée supérieure de la même manière, ces cellules communiqueront évidemment entre elles, pourvu qu'on croise les joints; c'est-à-dire, pourvu qu'au-dessus d'un joint il ne s'en trouve pas un autre.

Cette espèce de construction présente de grands avantages sous le rapport de l'économie, elle est simple et d'un grand effet; mais les briques qui la composent doivent être de la meilleure qualité, et le mortier capable de résister à une humidité et une sécheresse alternative. On peut se servir, avec avantage, des briques de Stourbridge, et de mortier ordinaire mêlé de pierres ferrugineuses en poudre, de pouzzolane, de laves, etc., etc.

On a fait l'essai de ces murs dans différents lieux, et ils ont parfaitement réussi. A la hauteur de dix pieds ils ont assez de force pour remplacer une partie de mur d'un jardin, et il y a une économie d'un tiers sur la quantité de briques employées ordinairement.

On peut encore conduire un ou plusieurs tuyaux dans l'intérieur d'un mur creux sans cellules, la chaleur qui s'échappera des tuyaux chauffera le mur sans qu'on coure le risque de nuire aux plantes. On aura une chaleur uniforme dans une étendue quelconque de muraille, et il deviendra inutile d'avoir plusieurs foyers comme dans la méthode ordinaire. On emploie très-peu les murs à chauffer en comparaison d'autrefois; mais si on les chauffait au moyen de conduits à

vapeur, la plupart des reproches qu'on faisait à cette méthode n'auraient plus de fondement.

Il est deux objets principaux auxquels on applique le chauffage à la vapeur avec beaucoup d'avantages. 1° Le chauffage des maisons de température égale. 2° Le séchage du linge, du coton, du drap, et quelques opérations de blanchiment et de teinture.

CHAMBRES DE TEMPÉRATURE ÉGALE.

Les nombreuses et affligeantes maladies de poitrine ont dirigé les recherches des médecins sur les moyens de procurer à leurs malades les avantages qu'on prétend résulter pour eux de leur transport dans les pays méridionaux. On a donc essayé de donner à leurs appartements une température constante.

On ne peut penser à créer un établissement public de ce genre; car la réunion et le mélange d'un grand nombre de personnes attaquées de la même maladie ne peuvent, le plus souvent, qu'être extrêmement nuisibles; et la dépense qu'il faudrait faire pour ménager à chaque malade un appartement séparé, serait trop considérable pour que ce moyen fût praticable.

Le premier soin doit être de fermer la chambre le plus hermétiquement possible; ce qui peut se faire en collant des bandes de toile ou du papier sur toutes les fentes et ouvertures. Il faut, de plus, avoir une double porte qu'on fera aussi petite que possible. Enfin, la cheminée doit être bouchée par le haut, et les fenêtres avoir de doubles châssis.

Le second objet qu'on doit se proposer est d'introduire autant d'air échauffé qu'en exigent la ventilation et le remplacement de celui qui doit s'échapper au plafond. L'air chaud qu'on fait entrer doit être de 5 à 6 degrés Fahrenheit, au-dessous de la tempé-

rature à laquelle la chambre est tenue; le reste du chauffage s'effectue dans la chambre même. La quantité d'air à chauffer par la ventilation est, pour une chambre moyenne, de douze pieds cubes par minute; si l'on veut maintenir la chambre à 62°, l'air qu'on introduit dans la chambre devra être porté à 56°; cela peut se faire aisément au moyen d'une chaudière suspendue au-dessus du feu d'une cheminée de cuisine ou d'un fourneau portatif semblable à ceux qu'on emploie pour les bains de vapeur et de tuyaux en tôle.

Une chaudière de trois *gallons* avec un espace égal pour la vapeur, sera parfaitement suffisante. Les tuyaux de tôle doivent être disposés de manière que l'eau de condensation puisse rentrer dans la chaudière. L'air qu'il faut chauffer doit être pris à l'extérieur, traverser la muraille, et entrer dans une boîte de fer-blanc, où se trouvent les tuyaux à vapeur; quand il est chaud il s'élève et entre dans la chambre par un tuyau. Pour prévenir la perte de chaleur, la boîte à air peut être renfermée dans une autre boîte de bois.

Un tuyau de même dimension que celui qui introduit l'air échauffé, sera nécessaire pour évacuer l'air au plafond; et la grosseur de ces deux tuyaux peut se calculer par la règle suivante, qui est générale.

Multipliez par quatre le nombre d'individus que le local peut contenir, et divisez ce produit par quarante-trois fois la racine carrée de la hauteur en pieds; vous aurez pour quotient la section du tuyau ou de la somme des tuyaux de ventilation nécessaire exprimée en pieds.

Cette règle n'est qu'approximative. Les lecteurs algébristes pourront se servir de la formule suivante, qui est plus exacte.

Soit h la hauteur en pieds depuis le pavé de la chambre jusqu'au haut du tuyau;

t la température à laquelle on veut maintenir la chambre;

x la température de l'air extérieur;

B la quantité de pieds cubes d'air qui doit s'échapper du tuyau en une minute;

a la section ou la somme des sections des tuyaux en pieds carrés.

On a :

$$60\, a \sqrt{\frac{64\frac{1}{3}\, h\,(t-x)}{450+t}} = B$$

Mais on suppose que l'ouverture est faite de manière à ce qu'il n'y ait aucune contraction ni coude dans le courant d'air; et il est reconnu, par expérience, que cette contraction diminue la quantité d'air qui s'échappe des trois huitièmes du tout. On a donc, en négligeant les fractions,

$$a = \frac{B}{300} \times \frac{\sqrt{(450+t)}}{h\,(t-x)}$$

Si la différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur est de 10°, ce qui a lieu le plus souvent, on a :

$$a = \frac{B}{43\sqrt{h}}$$

C'est la règle donnée plus haut; pour une différence de 5°, on a :

$$a = \frac{B}{30\sqrt{h}}$$

Pour 30 degrés $\qquad a = \frac{B}{75\sqrt{h}}$

Pour 56 degrés $\qquad a = \frac{B}{100\sqrt{h}}$

L'espace où l'on introduit l'air frais, doit toujours être près du pavé de la chambre à aérer, ou sous le pavé même, et à peu près de la même étendue. Mais revenons à notre chambre d'égale température, à laquelle nous donnerons, par hypothèse, seize pieds de hauteur; puisque nous avons évalué à douze pieds par minute la quantité d'air qu'il fallait renouveler, nous aurons :

$$a = \frac{12}{43\sqrt{16}} = \frac{12}{43 \times 4} = \frac{3}{43} \text{ de pieds}$$

pour la section du tuyau. Or $\frac{3}{43}$ de pieds carrés réduits en pouces carrés donne

$$\frac{144 \times 3}{43} = 10 \text{ pouces carrés};$$

de sorte que le tuyau étant circulaire, il doit avoir environ 3 pouces et demi de diamètre.

Les tuyaux d'entrée et de sortie doivent être l'un et l'autre munis de registres.

Nous avons appris le moyen de régler la quantité de tuyaux à vapeur nécessaire. Appliquons-le ici pour la chambre à air, en supposant l'air extérieur à 30°, et nous aurons par la formule :

$$S = \frac{A(t - t')}{2.1\,(200 - t)}$$

Puisque nous avons fait $A = 12$, que $t = 56$, et $t' = 30$, S devient

$$= \frac{12 \times 26}{2.1\,(200 - 56)} = \frac{312}{302.4} =$$

environ un pied de surface, si le tuyau est en fonte. Il

faudrait environ deux pieds de surface, s'il était en tôle, pour donner la même quantité de chaleur.

La vapeur doit se rendre, par un petit tuyau, de la chaudière dans le tuyau supérieur de la boîte à air, de là dans le tuyau inférieur, et l'eau de condensation rentre ensuite dans la chaudière par un autre petit tuyau.

En tenant compte des pertes de chaleur par la porte et les fenêtres, la ventilation, on trouve que pour une chambre ordinaire il faut environ quatre pieds de surface de tuyaux de fonte, ou huit pieds de surface de tôle pour fournir la chaleur nécessaire à une chambre ordinaire qu'on veut tenir à 62°.

Le tuyau à vapeur doit être muni d'un robinet, afin que toute personne qui se trouvera dans la chambre puisse régler la quantité de vapeur.

SÉCHOIRS A VAPEUR.

La sûreté qu'offre la chaleur de la vapeur pour sécher toute espèce d'objets, est si supérieure, que cette seule raison devrait faire préférer ce moyen à tout autre. Mais on a de plus éprouvé qu'elle est moins nuisible aux choses que l'on sèche: elle ne les rend pas rudes au toucher, et elle n'altère, ni le lustre, ni la couleur des teintures les plus brillantes. On peut l'employer pour sécher les mousselines, les calicots, les toiles, le papier, la poudre à canon, la drèche, le houblon, le grain, le sucre, etc., etc., ainsi que tout ce qu'on a à blanchir dans les maisons particulières.

Le procédé ordinaire consiste à renfermer la chaleur dans une place assez grande pour recevoir tout ce qu'on peut sécher, et construite de façon que les ouvriers puissent changer les articles avec facilité et sans

être exposés d'une manière dangereuse à la chaleur très-forte et à l'humidité d'une chambre à sécher.

Indépendamment de l'avantage inappréciable d'être plus sain, ce moyen est aussi plus économique pour le combustible, parce qu'il permet d'employer une température et un courant d'air qu'il serait difficile de rendre réellement efficace par tout autre moyen.

Il doit paraître évident que l'air agit avec la plus grande force; il aura donc un effet très-avantageux dans une chambre à sécher. Cependant comme l'air extérieur est quelquefois très-humide, celui qui soigne une étuve ne doit y laisser entrer cet air qu'avec ménagement; il doit aussi tenir sa température plus élevée, s'il ne veut pas faire une trop forte consommation de combustible; car l'air agit en raison de sa quantité et de sa température; l'atmomètre du professeur Leslie serait un instrument utile dans une chambre à sécher; il mesure la quantité d'humidité qu'exhale une surface mouillée dans un temps donné, et quoiqu'il ne donne pas des indications sur lesquelles on puisse compter dans beaucoup de recherches météorologiques, il paraît assez convenable pour l'objet qui nous occupe.

Les murs d'une chambre à sécher (en n'en considérant que la partie qui renferme l'espace où s'exécute l'opération), doivent être de telle nature qu'ils ne puissent absorber qu'une petite quantité d'humidité. On pourrait les recouvrir avec des carreaux vernissés.

Les petits cabinets à sécher pour l'usage des maisons particulières, peuvent être construits entièrement en bois : on peut empêcher qu'il ne se déjette en employant des bandes étroites en travers, et qu'on fixe par des clous de cuivre ou par des chevilles de bois.

On ne doit point y faire entrer le fer à cause de la rouille dont il se couvrirait.

Les étoffes peuvent être pendues à des formes, ou étendues sur elles, et toujours de manière à présenter la plus grande surface possible à l'action de la chaleur. Chacune de ces formes doit avoir des roues pour qu'on puisse aisément les mouvoir en avant et en arrière dans des rainures en métal. On pourrait aussi avoir des mannequins suspendus comme les châssis d'une fenêtre; ils seraient plus avantageux que les formes, qu'on fait glisser horizontalement, parce qu'alors la chambre à sécher pourrait être, soit au-dessus, soit au-dessous de la chambre de travail; et que, outre une économie d'espace, on y gagnerait de pouvoir faire des changements avec plus de facilité. Les formes sur roues ou à roulettes se tiennent en dehors pour y placer les étoffes, et on les rentre ensuite dans la chambre à sécher. L'espace dans lequel on les conduit, doit être garni de portes fermées très-exactement, à l'exception du moment où l'on sort les formes, et de celui où on les rentre. Chaque forme doit être faite pour une place distincte, et on doit en avoir une de relais, afin que la chambre à sécher soit constamment pleine.

L'air doit être échauffé avant d'entrer dans l'espace où sont placées les marchandises, et il doit aussi y avoir des tuyaux placés entre les formes pour élever la température des objets qu'on doit sécher. L'air réchauffé doit être introduit par différentes ouvertures dans le bas de la chambre, et immédiatement au-dessous des formes; et après avoir traversé les objets qui y sèchent, et s'être chargé de vapeur, il doit aller sortir au haut de la chambre. Les ouvertures qui répondent dans le haut à chacune des formes, doivent conduire à une issue commune à toutes, et qui doit

être garnie d'un régulateur pour retarder ou pour hâter le courant, suivant les circonstances; de même qu'il doit aussi y avoir un registre pour régler l'introduction de l'air frais dans la chambre à air où doit être échauffée l'air avant d'entrer dans la chambre à sécher. Le poids de l'eau absorbée par différents corps est très-variable; on peut en prendre une idée par le tableau suivant :

	Poids sec.	Poids mouillé.	Poids de l'eau absorbée.
Flanelle	1	3	2
Calicot	1	$2\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{8}$
Soie	1	$1\frac{29}{30}$	$\frac{29}{30}$
Toile de lin	1	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
Toile à voiles	1	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
Papier	1	$1\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$
Papier à dessiner	1	$1\frac{12}{50}$	$\frac{12}{50}$

Il résulte, des expériences de M. Tredgold, qu'on a obtenu le résultat le plus économique possible en séchant lorsque la quantité d'eau évaporée est les $\frac{8}{100}$ de la quantité contenue dans les étoffes, cela dans la trentième partie du temps qu'elles restent à sécher. La chaleur la plus avantageuse en pratique est de 90° pour les étoffes épaisses; il faut plus de temps et moins de chaleur que pour les autres.

Les expériences de M. Tredgold démontrent encore qu'un yard d'étoffe de coton exige 30 pieds cubes d'air, et par conséquent 25 yards exigent 750 pieds cubes par minute. La température de l'étuve étant à 90°, la quantité de tuyaux à vapeur en cuivre à placer entre les formes pour ces 25 verges, est de 138 pieds de surface. Pour élever à 90° la température de 750 pieds cubes d'air, celle de l'air extérieur étant supposée de 40°, il faut, d'après la formule que nous avons

donnée, $\frac{750 \times 50}{2.1\,(200 - 65)} = 132$ pieds de surface de tuyau. On voit ici 65 au dénominateur au lieu de 90, parce qu'on a pris la température moyenne entre 40 et 90, c'est-à-dire entre le point de la rosée et la température de la chambre. Il faudra donc $138 + 132 = 270$ pieds de surface de tuyau par chaque pièce de coton de 25 yards.

Quant au temps que la pièce mettra à sécher, on peut compter environ 4 minutes pour enlever une livre d'eau aux 25 yards d'étoffe. Si l'on réduisait à moitié la quantité de surface des tuyaux, le temps du séchage serait double; il serait quadruple, si la surface de tuyaux était réduite au quart.

Le tiers environ de la quantité de tuyaux déterminée ci-dessus serait suffisant pour un ménage. Ce qui ferait 45 pieds pour 25 yards d'étoffe, ou une surface équivalente.

La dimension de l'aire du tuyau pour évacuer la vapeur, peut se calculer au moyen des règles données pour le tirage des cheminées. En adoptant sur ce sujet si contesté l'opinion de M. Tredgold, on trouvera en supposant une hauteur de 25 pieds depuis le centre de la chambre à air jusqu'à l'ouverture par laquelle la vapeur et l'air échauffé passent dans l'atmosphère, on trouvera, disons-nous, pour la section de ce tuyau, 1.55 pied carré quand la surface des tuyaux à vapeur est de 270 pieds.

La somme des passages à air doit avoir à peu près la même surface.

Un séchoir de ménage doit avoir deux formes ou chevalets, dont chacun peut recevoir une quantité de linge suffisante pour exiger environ une heure avant d'être sèche; on ne garnit d'abord qu'un de ces che-

valets, et lorsque le linge est à moitié sec, ce qui demande environ vingt minutes, on charge le second chevalet d'une quantité égale de linge mouillé; en changeant ainsi alternativement les deux chevalets, de manière qu'une nouvelle quantité de linge soit mise à sécher, lorsque la charge précédente est déja à moitié sèche. On obtient une économie considérable de combustible et de temps.

La dépense d'un appareil de cette espèce, pour les usages domestiques, ne dépassera point celle des appareils actuellement en usage. Une des chaudières de la blanchisserie peut être employée comme chaudière à vapeur, sans être pour cela moins propre à d'autres usages.

EMPLOI DE L'AIR ÉCHAUFFÉ.

On peut aussi se servir d'un courant d'air échauffé pour répartir la chaleur, et cette méthode, à la fois plus simple et plus élégante de tirer tout le parti possible du combustible, est souvent fort préférable à l'emploi de la vapeur.

Si l'on n'a qu'une seule chambre à chauffer, l'étuve de Field, que nous avons décrite, est l'appareil le plus convenable. Il faut seulement empêcher la chaleur, ou tout au moins une partie de la chaleur contenue dans les armoires, de s'échapper par le conduit à fumée. On ferme, à cet effet, en partie ou en totalité, le registre *i*, et pour que la chaleur passe dans la chambre, on pratique à la partie supérieure du conduit à air *h*, et au-dessus de chacun des buffets, des ouvertures qu'on puisse fermer à volonté.

On place, en outre, au sommet du poêle, un ou deux vases de verre remplis d'eau destinée à remplacer, par son évaporation, l'humidité que la chaleur pour-

rait enlever à la chambre; humidité, comme on le sait, extrêmement nécessaire au bien-être et à la santé de ceux qui l'habitent.

Le premier à qui l'Angleterre ait dû quelques véritables améliorations dans les appareils à chauffer au moyen de l'air, est M. Strutt du Derbyshire. Il fit d'abord l'application de ces améliorations dans son immense filature de coton, qu'il parvint ainsi à chauffer plus uniformément et plus économiquement. Il se borna d'abord à enfermer un fourneau de fer qu'il appelait *cockle* (pétoncle, espèce de coquillage qui a à peu près la figure du poêle), dans une masse de briques qui laissait un espace de quelques pouces tout autour du fourneau, afin de permettre à un courant d'air, traversant des conduits inférieurs, de venir en contact immédiat avec le fourneau de fer et les tuyaux. L'air, après s'être ainsi échauffé, s'élevait naturellement à la partie supérieure, et passait par une ou plusieurs ouvertures dans la chambre qu'on voulait échauffer.

On donnait à la construction en briques une très-grande épaisseur tout autour du *cockle*, afin de prévenir, dans les environs du poêle, la déperdition de la chaleur, et par conséquent d'économiser le combustible. La partie la plus basse du cockle contenant le combustible enflammé, il est évident que l'extérieur s'élevera à peu près à la même température que l'intérieur, par conséquent le courant d'air qui passera le long de la surface extérieure s'échauffera en raison de la rapidité du passage.

Cette méthode d'échauffer l'air est, sans contredit, la plus économique qui ait été inventée jusqu'ici dans ce pays; car presque toute la chaleur fournie par le combustible, à l'exception de celle nécessaire à élever

la fumée, est absorbée par l'air à son passage dans la chambre à air. C'est donc un moyen très-convenable de répartir la chaleur.

D'après les expériences faites avec le poêle de Derby, décrit un peu plus loin, il résulte qu'une livre de houille peut élever 5085 pieds cubes, ou 339 livres d'air de 59 degrés; ce qui équivaut à une livre de houille pour élever d'un degré 20,000 livres d'air.

En chauffant par la vapeur, on n'obtient, suivant M. Buchanan, que deux livres de vapeur dans le même temps et avec la même quantité de combustible que celle qui éleverait 66.6 livres d'air, ou 933 pieds cubes à 140° dans une minute.

Si la vapeur était entièrement condensée et l'eau abaissée à la température de la chambre, sans doute on obtiendrait des effets à peu près égaux avec la même quantité de combustible; mais les faits, l'expérience, lui donnent une grande infériorité.

En premier lieu la chaleur perdue, dans le transport de la vapeur, est beaucoup plus considérable que dans le transport de l'air échauffé; la température de la vapeur est de 212°, et celle de l'air de 130° seulement. Mais cette différence tient à celle des conduits de l'un et de l'autre fluide; les conduits pour l'air échauffé n'étant, pour la même chambre, qu'un trentième de ceux nécessaires à la vapeur.

Un autre défaut du chauffage à la vapeur est la grande quantité de chaleur qui s'échappe avec l'eau chaude et la vapeur non condensée.

Les tuyaux à vapeur, placés dans les chambres où la vapeur se condense, ont en général une température de 180°; mais à cette température une moitié seulement de la vapeur se condense, et par conséquent l'on n'obtient que la moitié de la chaleur qui se déga-

gerait si l'on permettait à l'eau de s'abaisser jusqu'à la température de la chambre. Cette perte considérable, jointe à celle que nous avons désignée, explique la préférence qu'on accorde au chauffage par l'air échauffé.

En dépit des avantages évidens que présentent ces appareils sous le rapport de l'économie pour le chauffage des grands ateliers, des hôpitaux, des prisons, et autres établissemens, où des foyers ouverts sont impraticables et dangereux, on n'en fut convaincu que par la publication de l'ouvrage de Buchanan : *Essai sur l'économie du chauffage et l'emploi de la chaleur* qui eut lieu en 1815. Depuis cette époque M. Sylvester a rappelé l'attention du public sur cette question importante en établissant un appareil de ce genre sur une très-grande échelle à l'hôpital de Derby, et à l'hospice des pauvres aliénés de Wakefield.

On met le poêle en communication avec un passage souterrain de forme prismatique quadrangulaire, auquel on donne trois fois autant de largeur que de hauteur, et qui se rend à une distance convenable du bâtiment. Ce passage, qui fournit en hiver l'air qu'on échauffe, a le double avantage de servir à la ventilation pendant l'été. Enfin il faut, autant que possible, placer le poêle au centre de la base de l'édifice et de six à douze pieds au-dessous de son niveau, afin de donner plus d'uniformité dans la distribution de la chaleur.

La figure 87 est une section du *cockle* de l'hôpital de Derby, et la figure 88 montre la disposition de la maçonnerie qui l'entoure. Le cockle *a* est un cube surmonté d'un dôme hémisphérique de trois à quatre pieds de hauteur. Il est en tôle ou en fer forgé, ayant trois seizièmes de pouce d'épaisseur; les plaques sont

attachées l'une à l'autre, comme dans les chaudières à vapeur. La fumée traverse un passage étroit *b*, placé à la base du cockle, puis un conduit *c*, qui la porte à la cheminée. Le travail en briques qui enveloppe le *cockle* à la distance de huit pouces de ses flancs, se voit mieux en *f*, figure 88. Il a une grande quantité d'ouvertures *e*, disposées en échiquier, qui reçoivent de petits tuyaux en terre ou en tôle, dont les extrémités intérieures arrivent à un pouce environ du *cockle;* de sorte que l'air peut être forcé d'arriver au contact immédiat contre la tôle ; ce qui, selon M. Strutt, double l'effet de la même quantité de combustible.

Les parties horizontales *d d* coupent la communication entre le bas et le dessus de la chambre à air. Les ouvertures arquées *g g*, qui se trouvent à la partie inférieure, sont des sections du conduit à air principal qui se rend à quelque distance du bâtiment. L'air traverse les conduits inférieurs *g*, passe par les ouvertures situées au-dessous de *d*, pour venir se mettre en contact avec le corps du poêle; il s'élève ensuite à la partie supérieure, pour sortir par les ouvertures dans la chambre *h*. Les obstacles qu'il rencontre, en faisant ces détours, sont suffisans pour modérer sa vitesse, et recevoir du *cockle* échauffé l'élévation de température nécessaire.

Afin de ne point vicier l'air nécessaire à la respiration, il est important de régler la dimension du foyer, de manière à ce que, terme moyen, le *cockle* ne s'échauffe point au-delà de 280° Fahrenheit, suivant Sylvester, ou 250°, suivant Tredgold. S'il s'agit d'échauffer un séchoir, et si surtout l'on veut économiser le temps, rien n'empêche d'élever la température davantage; mais, en général, il y a économie à sécher à une température plus basse.

De la chambre supérieure à air échauffé *h*, partent des conduits principaux *i i i*, qui vont se rendre aux différens étages qu'ils doivent échauffer. Les parties horizontales et inclinées de ces conduits doivent être construites en terre ou en briques, et, si elles ont à passer sous terre, elles doivent être placées dans une enveloppe. Les parties verticales sont en fer, ou même en bois bien desséché.

Une ouverture faite au-dessus de la porte de chaque chambre, permet l'accès de l'air échauffé, et un conduit, qui va du bas de la chambre jusqu'au sommet, le laisse échapper par un tuyau surmonté d'une tête à girouette, qui ne se présente jamais au vent. Le tuyau de sortie de chaque chambre a aussi une ouverture au plafond, qui sert à augmenter la ventilation en été, et qu'on ferme en hiver.

Quand les poêles de l'hospice des aliénés de Wakefield sont en pleine action, l'air se meut avec une vitesse de cinq pieds par seconde. La section des deux conduits principaux, étant de douze pieds carrés chacune, c'est cent vingt pieds cubes qui traversent la maison en une seconde. En lui donnant, ce qui est à peu près vrai, quatre cent mille pieds cubes, on voit que l'air en est entièrement renouvelé en un peu moins d'une heure.

Un poêle de cette sorte, bien construit, et gouverné de manière à ce que l'air n'atteigne point une température trop élevée est, non-séulement beaucoup plus économique que tout autre moyen de chauffage dans un grand établissement, mais on peut affirmer qu'il est, pour le moins, aussi sain que le chauffage à la vapeur. Les désavantages capitaux de ce plan sont qu'il ne peut que rarement s'appliquer à un grand établissement lorsqu'une fois il est bâti ; de plus il est assez

difficile de donner une apparence même passable à toutes les parties.

Les passages à air de ce poêle étant situés de quelques pieds au-dessous du niveau du sol, ils fournissent encore un moyen commode de faire passer une certaine quantité d'air frais à l'intérieur des chambres en été.

Le changement de température que ce passage occasionne à l'intérieur, est, d'après Sylvester, bien plus considérable qu'on pourrait le penser. Le conduit à air de l'hôpital de Derby a environ quatre pieds en carré; sa longueur est de soixante-dix yards. Au mois d'août, le thermomètre marquait, à l'ombre, 80°; l'air entrait dans le conduit, à cette température, et en sortait, vers le poêle, à la température de 60°, le courant étant assez fort pour éteindre une chandelle allumée. Il trouva, dans une autre expérience, que l'air, à son entrée, ayant 54°, sortait du conduit à 51° seulement.

C'est là un des grands avantages de cet appareil sur celui à vapeur, puisqu'il remédie, selon les saisons, à l'excès de chaleur et de froid.

POÊLE DE PERKINS.

Dans le but de remédier à quelques-uns des inconvéniens de l'appareil que nous venons de décrire, M. Jacob Perkins inventa, il y a quelques années, un moyen de convertir le poêle d'Allemagne ordinaire en un calorifère. Il appelle de l'extérieur un courant d'air froid, à travers un tuyau qui traverse le mur, contre la partie la plus chaude du poêle, et l'oblige à rester quelque temps en contact avec elle au moyen d'un écran de tôle, qui enveloppe la plus grande partie du poêle.

Il a même assez récemment perfectionné la construction du poêle, de manière qu'on peut à volonté di-

riger le courant, soit de la partie inférieure, soit de la partie supérieure du foyer, de sorte qu'on n'a jamais de fumée.

Le tuyau du poêle lui-même est contenu dans une enveloppe cylindrique d'un plus grand diamètre, qui, laissant passer l'air entre elle et le tuyau, permet d'envoyer de la chaleur aux étages supérieurs.

On trouve la description de ce poêle dans les Transactions de la Société des arts, année 1822.

La figure 89 en est une section. *a* est la bouche par laquelle on fait entrer le combustible, *b* le couvercle qui la ferme; *c* la grille maintenue, à la partie postérieure, par des gonds, et à la partie antérieure, par le bouton de fer *d*; *e* est le cendrier fermé de toutes parts, hormis en *f*, où l'on voit un couvercle qui reste ouvert tant que le tuyau *g* n'est point assez chaud pour produire un bon tirage; ce moment arrivé, on ferme ce couvercle, et on ouvre celui en *b*, d'une quantité plus ou moins grande, selon le tirage qu'on désire. Par ce moyen, la fumée se consume presque en totalité; la partie inférieure du conduit *e* s'étend vers le fond presque autant que le poêle, ainsi qu'on le voit dans la projection horizontale, figure 90. *h* est une boîte, qui reçoit l'air frais qui vient du dehors. Il est dirigé le long du poêle par l'écran de fer *i*, afin de s'y échauffer, à son passage. *k k* est une hotte surmontée d'un tuyau qui enveloppe celui du poêle. Elle reçoit encore beaucoup d'air frais, et le conduit, en l'échauffant et en lui faisant traverser le plafond, jusqu'à l'étage supérieur; ou bien on le laisse échapper par l'ouverture *l*. Un peu au-dessus est un registre *m*, qui empêche l'air de passer au troisième étage, ou qui le laisse s'échapper, au contraire, lorsqu'il est trop chaud. On voit ce registre, en partie ouvert, dans le

plan figure 90 bis. Quand ce registre est fermé, un autre courant d'air frais vient de l'extérieur, à travers un autre conduit *n*, et monte, toujours en contact avec le tuyau du poêle, jusqu'au troisième étage, qu'il va échauffer à son tour. Enfin, une petite grille empêche les copeaux ou le papier enflammé de s'élever dans la cheminée. L'air chaud cesse d'arriver à une hauteur un peu plus grande que celle de l'étage supérieur, et la fumée se rend, par un coude, ou dans une cheminée, ou en dehors de la fenêtre de la chambre. *g g* sont des anneaux de fer, qui supportent le poids de l'enveloppe. Ce poêle, comme tous les autres, exige qu'on place un vase plein d'eau dans les environs du foyer, afin d'entretenir, par l'évaporation, l'humidité de l'air dans les chambres habitées. Jusqu'ici il n'a été employé que pour échauffer les étuves des imprimeurs sur étoffes.

COUCHES CHAUDES.

Les chimistes se servaient autrefois, dans leurs laboratoires, d'un appareil calorifique qu'ils appelaient du nom singulier de *balneum ventris equini*, bain de ventre de cheval. Ce n'était rien autre chose qu'une couche de fumier de cheval, encore employée quelquefois aujourd'hui pour la préparation du blanc de plomb et du vert-de-gris, mais surtout par les jardiniers, pour activer la germination, et échauffer les châssis dans lesquels ils élèvent de jeunes plantes.

La fermentation du fumier de cheval développe beaucoup de chaleur, mais ce n'est point la seule substance qui serve à former ces couches; on emploie encore le fumier de vache, de porc, les boues des rues, les fientes de pigeon, de mouton, mélangés avec de la terre et des débris de végétaux. Ces matières forment les couches les plus chaudes. Les feuilles, les tontes

des arbres, les fanes d'herbes, les criblures de céréales, les scories de bois, la tannée, les marcs de fruits, constituent les couches végétales.

Le fumier compose, le plus ordinairement, les *couches chaudes*, qui ne sont autre chose que des masses de cette matière, après qu'elle a subi sa plus grande fermentation.

On donne à ces masses une base quadrangulaire d'une grandeur proportionnée au nombre de vases qu'elles doivent échauffer, ou à la grandeur du *châssis de couche* et au degré de chaleur qu'on veut obtenir; ce qui dépend encore de la saison dans laquelle on forme ces couches.

Lorsqu'elles sont destinées à échauffer des châssis, on leur donne environ six pouces de plus de chaque côté que le châssis, et on étend sur le fond, avec la fourche, des lits successifs de fumier jusqu'à la hauteur nécessaire, que l'on foule doucement et également dans tous les points.

On n'emploie la tannée, de préférence au fumier, que parce que la partie qui subit la fermentation putride est de plus longue durée; elle n'exige point par conséquent d'être aussi souvent renouvelée. Voilà pourquoi on l'emploie surtout dans la fabrication du blanc de plomb.

M. Bayle se servait de foin humide dans son laboratoire pour les digestions et les putréfactions.

On mêle quelquefois le fumier avec du tan, des cendres, des feuilles d'arbres, de la scorie de bois, des morceaux de cuir, du menu bois et autres substances fermentescibles, afin de prolonger l'action de la masse totale. Un mélange de feuilles et de litière d'étable, auquel on ajoute un peu de tan, forment

une bonne couche, si l'on a laissé la grande chaleur se développer avant de former le lit.

La chenevotte fermente encore très-lentement et très-régulièrement; elle est souvent préférable au fumier, en ce qu'elle donne une chaleur plus constante et plus durable qu'une infinité d'autres substances.

De toutes les feuilles, celles du chêne sont préférables, quoiqu'on puisse employer aussi avec avantage celles du hêtre, du châtaignier, ainsi que toutes celles dont le tissu est ferme et serré; on devra donc en général rejeter celles du tilleul, du sycomore, du frêne et celles des arbres fruitiers.

Un des grands motifs de préférer les feuilles au tan, c'est qu'elles deviennent un excellent engrais, tandis que le tan n'est d'aucune valeur pour cet usage. On a fait l'essai de l'un et de l'autre sur des sols sablonneux et argileux, secs et humides, et l'on peut en déduire que le tan ne mérite véritablement point le nom d'engrais, tandis que les feuilles sont le plus riche et à la fois le plus commode pour un jardin. Mais ceci ne s'applique qu'aux feuilles qui ont subi la fermentation et qui sont réduites ainsi à un véritable terreau végétal.

Les feuilles, mêlées avec le fumier, forment un excellent lit, qui conserve bien plus long-temps la chaleur que le fumier tout seul; dans l'un et l'autre cas, l'emploi des feuilles procure une économie considérable.

Puisque le but qu'on se propose est de se débarrasser de la trop grande chaleur qui se développe, lorsque la fermentation est à son comble, il est clair qu'on devra aider la nature dans ces décompositions, qui exigent la présence de l'air et une certaine humidité; le jardinier devra donc souvent retourner la masse, et lui fournir ou lui soustraire de l'eau, selon le besoin.

En hiver, cette préparation se fait ordinairement sous des hangars : on devra aussi préférer cette situation en été; car le vent et le soleil, en desséchant la surface extérieure, retardent l'opération. Cependant on peut à la rigueur laisser la masse découverte.

Il y a sans doute une grande perte de chaleur pendant la fermentation; aussi a-t-on essayé d'en tirer quelque parti, en plaçant la masse de matières sous des hangars ou dans des caveaux au-dessous de chambres. Ce dernier moyen paraît être le plus économique, et on peut en tirer de grands avantages là où l'on emploie beaucoup les couches chaudes; mais le plan proposé par M. Mac. Phail me paraît au total préférable à tous les autres. Il consiste à creuser une fosse infiniment plus large que le lit qu'elle doit échauffer ou que la chambre qui doit contenir les vases chimiques; on la double en briques, et, à quelque distance, on construit un mur intérieur percé de trous, disposés en échiquier, qui laissent passer la chaleur dans la chambre ainsi formée. Le fumier ou les autres substances fermentescibles sont jetées dans la fosse laissée entre les murs intérieur et extérieur. On les recouvre d'une planche ou d'une couche de terre; la chaleur passe par les trous à l'intérieur de la chambre, y échauffe les appareils de digestion qui y sont empilés, et chauffe en outre un lit de terre placé sur des planches, qui ferment la chambre par le haut, à la hauteur du dernier rang de trous.

C'est un moyen propre et commode de tirer parti, pour la chimie et l'horticulture à la fois, de la fermentation des matières végétales ou animales.

CHALEUR SOLAIRE.

Si les chimistes ont employé la chaleur qui se dégage par la combustion ou la fermentation, ils n'ont point négligé non plus de tirer parti de la chaleur solaire.

Ils ont appelé insolation l'exposition de toute substance à l'action des rayons solaires. L'usage qu'on en faisait autrefois, pour la préparation des huiles, s'est conservé encore aujourd'hui pour celle des huiles siccatives, à l'usage des peintres. Mais l'emploi le plus en grand qu'on ait fait de la chaleur solaire, est dans la préparation du sel ordinaire, comme nous le verrons en traitant de ce corps.

Enfin, on a concentré les rayons solaires au moyen de miroirs et de lentilles, qui ont donné un degré de chaleur bien supérieur à celui des fourneaux et même des chalumeaux.

PREMIER MIROIR DE VILLETTE.

Le 17e siècle se distingua surtout par les miroirs ardens qu'il vit construire. Les plus puissans furent dus à un M. Villette, de Lyon, qui n'en établit pas moins de cinq sur une très-grande échelle. Le premier fut acheté par M. d'Alibert pour la somme de 1,500 liv.; le second, acheté par Tavernier, fut offert au roi de Perse; le troisième fut donné par le roi à l'Académie royale; le quatrième devint la propriété du roi de Danemarck, et le cinquième fut envoyé en Angleterre, où on le montra publiquement. Le premier de ces miroirs, construit en 1662, avait trente pouces de diamètre, et pesait environ cent livres. Sa distance focale était d'environ trois pieds; l'image qu'il donnait du soleil avait sept à huit lignes. Il était monté dans un

cadre d'acier circulaire, et prenait facilement toutes les positions.

Voici les effets qu'il produisait :

	Secondes.
Le bois vert prenait feu en un instant.	
Un petit fragment de fer fondit en......	40
Une pièce de quinze sous se trouva percée en	24
Un clou de fer épais fondit en.........	20
La pointe d'une lame de sabre fondit en..	43
Un jeton de cuivre se trouva percé en....	6
Une pièce de cuivre fondit en..........	42
Un fragment de carreau d'appartement fondit en...........................	45
Un ressort de montre fondit en........	9
Une pierre à fusil fondit en...........	1
Une pièce de mortier fondit en.........	52

TROISIÈME MIROIR DE VILLETTE.

Le miroir de Villette offert à l'Académie fut construit en 1670; le roi le fit apporter à Saint-Germain, et il en fut si satisfait, qu'il gratifia M. Villette d'une somme de cent pistoles, pour le plaisir qu'il lui avait procuré. Il fit l'acquisition de ce miroir quelque temps après, et on le plaça à l'Observatoire royal de Paris.

C'était une composition métallique d'une forme sphérique; son diamètre avait 43 pouces, et la calotte sphérique, qui recevait les rayons solaires, avait 1452 $\frac{11}{14}$ pouces carrés français. Il servait à la fois de miroir convexe et de miroir concave, ses deux faces étant polies avec le plus grand soin. Son poids était de 400 livres. Enfin les rayons qu'il recevait donnaient un foyer d'un demi-pouce de diamètre, à la distance de trois pieds et demi du fond du miroir; et comme l'intensité du miroir est à celle que répand l'astre comme

la surface du miroir est à l'aire du cercle peint au foyer, on trouve que le miroir ayant en nombre rond 43 pouces de diamètre et le foyer $\frac{1}{2}$, la chaleur développée au foyer était 7396 fois celle que répandait le soleil au même moment. Ce résultat paraît extraordinaire; mais il faut avouer qu'on a supposé ici que tous les rayons étaient réfléchis, ce qui n'est qu'à peu près vrai, puisque le miroir était sphérique; de plus, il n'était point tout-à-fait sans inégalités : on les apercevait fort bien au microscope, et même à l'œil nu en regardant de côté; d'ailleurs le métal absorbe une certaine quantité de chaleur. Quoi qu'il en soit, il produisait des effets surprenans.

Tous les combustibles, houille, bois, tourbe, etc., prenaient feu en un instant, même les plus humides, tel que le bois vert.

Les métaux et les terres exposés au foyer fondirent en une minute.

Des pierres, des fragmens de roches se vitrifièrent instantanément.

Il calcina les os. Il fondit et vitrifia immédiatement des tuiles, de l'argile, du sable, des creusets, du marbre, du jaspe, du porphyre. Les meilleurs matériaux employés dans la construction des fourneaux de fusion se fondirent et se vitrifièrent.

L'image de la lune reçue sur le miroir produisit un foyer très-brillant que l'œil ne pouvait supporter; mais la boule d'un thermomètre très-sensible, placée à ce foyer, ne fit ni monter ni baisser l'instrument.

CINQUIÈME MIROIR DE VILLETTE.

Le miroir de M. Villette qui fut importé en Angleterre, fut confié à MM. Harris et Desaguliers, qui en firent plusieurs essais. Il était formé de cuivre, d'étain

et de bismuth; sa réflexion donnait une teinte jaunâtre. La largeur du miroir était de 47 pouces; son rayon de courbure étant de 76 pouces, sa distance focale était de trois pieds deux pouces, et le diamètre de l'image solaire de 0.358 pouces : de sorte que la chaleur développée au foyer était théoriquement 17257 fois celle que répandait le soleil au même moment.

On obtint à Londres les résultats suivans, en juin 1718, entre neuf heures du matin et midi.

	Secondes.
Un fragment rouge d'une coupe romaine fondit en	3
Il commença à couler après	100
Un fragment noir fondit en	4
Il commença à couler en	64
La craie se vaporisa, on pourrait dire, en	23
Le résidu d'un travail en fer, qu'on disait avoir été forgé par les Saxons, était près de couler après	29 ½
Un fragment noir de la colonne de Pompée fondit en	50
Un fragment blanc en	54
Du minerai de cuivre en	8
Un coquillage fossile en	7
Il n'avait point subi d'autre changement après	64

Le miroir commença alors à s'échauffer, et brûla avec beaucoup moins de force.

Du minerai de fer fondit en	24
Le talc se calcina en	40
Il n'avait point subi d'autre changement après	64

	Secondes.
Des os se calcinèrent en..............	4
Ils se vitrifièrent en.............	33
Une pièce de six sous fondit en........	$7\frac{1}{2}$
Un demi-sou du roi William en........	20
Il coula en....................	31
Un demi-sou du roi George entra en fusion au bout de............................	16
Il coula après...................	34
L'étain fondit en....................	3
Une tuile mince en.................	4
Elle se trouva percée d'outre en outre après.........................	80
La fonte de fer entra en fusion après...	16
Une ardoise après..................	3
Elle fut percée d'outre en outre après	6

Une émeraude se fondit en une substance à peu près semblable à une turquoise.

Un diamant, pesant quatre grains, perdit les sept huitièmes de son poids.

Ce miroir fut construit par M. Villette et ses deux fils quelque temps après l'autre. Il devint la propriété de M. Villette le fils, qui, d'après les conseils de quelques savans, le transporta à Londres, où l'on en vint admirer les effets à Whitehall.

MIROIR ARDENT DE TSCHIRNHAUSEN.

Le miroir ardent exécuté par le célèbre Tschirnhausen, en 1687, était fait d'une lame de métal d'une épaisseur double de celle d'un couteau ordinaire. Il avait de largeur environ 3 aunes de Leipsick, ou 5 pieds 3 pouces de France; son foyer était éloigné de deux de ces aunes, ou 3 pieds 6 pouces de France. Il produisait les effets suivans :

Le bois présenté au foyer s'enflammait sur-le-champ, et le vent le plus violent ne pouvait l'éteindre.

L'eau contenue dans un vase de terre bouillait à l'instant; en sorte que des œufs y cuisaient, et bientôt après toute l'eau était évaporée.

Un morceau d'étain ou de plomb de trois pouces d'épaisseur commença à couler aussitôt qu'on le plaça au foyer; deux ou trois minutes après, il était percé d'outre en outre.

Un plateau de fer fut immédiatement porté au rouge; il se trouva percé peu de temps après.

Le cuivre, l'argent, etc., fondaient en 5 ou 6 minutes.

Les pierres, la brique, étaient immédiatement portées au rouge.

L'ardoise s'y transformait en un verre noir qui, pris avec une pince, se tirait en filamens.

Les meilleures briques coulaient en un verre jaune.

Des fragmens de vaisseaux qui avaient été long-temps exposés au feu, se fondirent en un verre jaunâtre.

La pierre-ponce se transforma en un verre blanc.

Un morceau d'un excellent creuset se vitrifia en huit minutes.

Des os se convertirent en une sorte de verre opaque, et une motte de terre se changea en un verre jaune-verdâtre.

Les rayons de la pleine lune, concentrés par ce miroir, ne firent nullement monter le thermomètre.

VERRES ARDENS.

La construction des instrumens qui servent à brûler à une petite distance est extrêmement importante pour la science, et on peut prévoir que quelque jour ils seront un des plus puissans agens de la chimie et des arts.

Quoique les instrumens de catoptrique qu'on ait exécutés l'aient été sur une fort grande échelle, leurs effets n'ont jamais été aussi puissans que ceux des lentilles; ils ont d'ailleurs quelques désavantages qu'il est de leur essence de conserver : par exemple, le point brûlant doit toujours être placé entre le soleil et le centre du miroir, et l'opérateur ne peut point faire ses expériences avec autant de facilité que si le foyer était placé de l'autre côté de l'instrument, par rapport au soleil. Toutes ses opérations tendent nécessairement plus ou moins à empêcher la lumière d'arriver sur la surface réfléchissante. Ce défaut est sans remède; il faut donc avoir recours aux instrumens de dioptrique ou de catadioptrique, qui peuvent seuls réunir un grand pouvoir à une grande commodité.

LENTILLE DE TSCHIRNHAUSEN.

Ce célèbre artiste construisit encore une lentille bi-convexe de quatre pieds de diamètre, qui, placée perpendiculairement aux rayons solaires pendant l'été, dans un beau temps, donnait un foyer d'un pouce et demi de diamètre à douze pieds de distance environ.

Le diamètre du troisième miroir de Villette ayant quarante-trois pouces, sa circonférence était de 135 $\frac{1}{7}$; le diamètre de la lentille de Tschirnhausen étant de 48 pouces, sa circonférence était de 150 pouces $\frac{6}{7}$: la quantité de rayons qui tombait sur ce verre était donc à celle qui tombait sur le miroir comme 1245 à 1000, et cependant l'effet du miroir était à la fois plus puissant et plus prompt que celui de la lentille.

D'ailleurs la différence des foyers était considérable. L'ouverture du miroir de Villette avait 1452 $\frac{11}{14}$ pouces carrés, et son foyer 28 $\frac{2}{7}$ lignes carrées; l'aire de la lentille de Tschirnhausen 181 pouces carrés $\frac{2}{7}$, et son

foyer 254 lignes carrées $\frac{4}{7}$: par conséquent, le foyer du miroir était au foyer de la lentille comme 1 à 9. Il paraît donc encore que, sous le rapport de la puissance, il y a plus d'avantage à employer la réflexion que la réfraction. De plus, une lentille de quatre pieds de diamètre est à peu près le maximum qu'ait pu produire l'art du verrier; tandis que la fabrication des miroirs opaques ne paraît pas être limitée aux dimensions que nous avons pu voir, quoiqu'à la vérité on ne puisse guère espérer aujourd'hui de grandes améliorations dans ce genre, puisqu'on s'en occupe à peine.

Tschirnhausen cependant ne se contenta point du succès de cette dernière expérience; il chercha les moyens de contracter son foyer, afin d'augmenter la puissance. Pour cela il fit usage d'un plus petit verre, d'une lentille d'un plus petit diamètre, qu'il plaça parallèlement à la première, afin de réunir et de resserrer de nouveau les rayons émanés du grand verre. Il parvint ainsi à réduire son foyer dans le rapport de 81 à 16; et, bien que par cette nouvelle réfraction il se perdît une certaine quantité de rayons, au total cependant l'effet fut considérablement augmenté.

Quoi qu'il en soit, la lentille de Tschirnhausen est préférable au miroir de Villette pour les expériences; elle est infiniment plus commode, quoique relativement plus faible.

Les effets de ce dernier miroir sont décrits ainsi dans l'Histoire de l'Académie des sciences :

1° Toute sorte de bois, quelque dur ou vert qu'il soit, même mouillé dans l'eau, s'enflammera dans un moment.

2° L'eau, dans un petit vaisseau, bouillira dans un moment.

3° Les morceaux de métal étant d'une grosseur pro-

portionnée se fondront, non pas dans le moment, mais immédiatement après que le morceau de métal entier aura atteint un certain degré de chaleur. Par exemple, un morceau de plomb, s'il est trop gros, ne se fondra point du tout; mais, étant d'une grosseur proportionnée, il faut le tenir un peu de temps dans le foyer, et lorsqu'il commencera à se fondre dans un endroit, tout le reste continuera à se fondre. Le fer doit être en plaques très-minces, et alors il rougira dans le moment, et ensuite il se fondra aussi.

4° Les tuiles, ardoises, pierres ponce, la faïence, le talc, etc., de quelque grosseur qu'ils soient, rougissent dans le moment et se vitrifient.

5° Le soufre, la poix, et toutes les résines, se fondent sous l'eau.

6° Lorsqu'on y expose sous l'eau, en été, du bois très-tendre, comme du pin, il ne paraît pas changé au dehors; mais lorsqu'on le fend en deux, il se trouve en dedans brûlé en charbon.

7° Si l'on fait un creux dans un charbon de bois dur, et si l'on met dans ce creux les matières que l'on veut exposer au soleil, l'effet en sera infiniment plus violent.

8° Quelque métal que ce soit, mis dans le creux d'un charbon, se fond dans le moment, et le fer y jette des étincelles comme dans la forge; et si l'on tient les métaux de cette manière en fonte pendant quelque temps, ils s'envolent tous : ce qui arrive particulièrement, et très-promptement, au plomb et à l'étain.

9° Les cendres du bois, des herbes, du papier, de la toile, etc., etc., deviennent du *verre* transparent dans le moment.

10° Si quelques matières ne voulaient pas se fondre étant en morceaux, il faudrait les exposer en poudre;

et si même en poudre elles ne se fondaient pas, il faudrait leur ajouter quelques sels, et tout se fondra.

11° Les matières qui sont le plus tôt altérées par ce feu sont les matières noires qui, dans la fonte, restent noires ; plus difficiles sont celles qui sont blanches, et qui, en fondant, deviennent noires ; plus difficiles encore celles qui sont noires, et qui blanchissent dans la fonte : et les plus difficiles de toutes sont les matières blanches qui restent blanches dans la fonte, comme sont les cailloux, la craie d'Angleterre, la chaux.

12° Tous les métaux se vitrifient sur une plaque de porcelaine, pourvu qu'elle soit assez épaisse pour ne pas se fondre elle-même, et qu'on lui donne le feu par dégrés, afin qu'elle ne pette pas. L'or reçoit dans sa vitrification une belle couleur de pourpre.

13° Si l'on met dans un grand ballon des matières qui fondent facilement, comme sont du soufre, du zinc, du bismuth, etc., etc., en appliquant un seul *verre brûlant*, on pourra observer des effets très-curieux dans le ballon ; mais il faut prendre garde que l'endroit du ballon qui donne passage aux rayons du soleil ne soit pas tellement près du foyer que sa chaleur fasse casser le ballon.

14° Le salpêtre, en une dose convenable, se volatilise entièrement, et s'en va en fumée ; en sorte que, par cette manière, l'on pourrait faire de l'esprit de nitre promptement dans un gros ballon.

15° Pour y fondre à la fois le plus de matière qu'il se pourra, il faut en mettre d'abord peu, et lorsque ce peu sera fondu, y en ajouter encore un peu ; et ainsi de suite. On pourra tenir en fonte, par cette manière, quatre onces d'argent à la fois.

16° Une matière solide qui se met aisément en fonte pourra servir de fondant à une autre qui se fond diffi-

cilement, si on les expose ensemble au foyer, quand même il n'y en aurait que très-peu de celle qui est facilement fusible.

17° Il est remarquable aussi que deux matières, chacune difficile à fondre séparément, lorsqu'elles sont exposées ensemble en une certaine dose, se fondent très-facilement : comme les cailloux et la craie d'Angleterre.

18° Un peu de cuivre rouge fondu de cette manière, étant jeté promptement dans l'eau froide, produit un coup si violent dans cette eau, que les plus fortes terrines se cassent, et le cuivre s'envole divisé en si petites parties, qu'on n'en trouve pas le moindre grain; ce qui n'arrive à aucun autre métal.

19° Les métaux s'évaporant dans la fonte les uns plus tôt que les autres, ils pourront par-là se purifier les uns les autres : par exemple, l'argent s'y peut purifier par le plomb, aussi bien que par la coupelle ordinaire.

20° On y pourra faire aussi toutes sortes de verres colorés.

21° Tous les corps, excepté les métaux, perdent leurs couleurs dans le feu, et même quelques pierres précieuses.

22° Certains corps se vitrifient promptement et deviennent aussi transparens que le cristal; et en refroidissant ils deviennent blancs de lait, et perdent toute leur transparence.

23° Au contraire, il y a d'autres corps qui sont opaques dans la fonte, et qui deviennent d'un beau transparent en se refroidissant.

24° Certaines matières sont fort transparentes dans la fonte et restent de même en refroidissant; mais quelques jours après elles deviennent opaques.

25° Certaines matières que le feu change en un *verre* qui est d'abord transparent, et qui ensuite devient opaque, étant fondues avec d'autres matières qui sont toujours opaques, produiront un beau *verre*, qui restera toujours transparent.

26° Les corps qui se changent en *verre* transparent deviennent un plus beau *verre* transparent, si on les laisse un peu long-temps dans le foyer.

27° Certaines matières deviennent un *verre* si dur, qu'étant taillé à facettes, il coupe du *verre* ordinaire.

28° Lorsqu'on fond du plomb et de l'étain ensemble sur une plaque épaisse de cuivre, il en sort beaucoup plus de fumée que s'il n'y en avait qu'un seul des deux; et ils ne s'en vont pas entièrement en fumée, il en reste toujours une scorie vitrifiée.

29° L'on peut concentrer par ces *verres* les rayons de la lune; mais ils ne donneront aucune chaleur sensible, quoiqu'ils fassent une grande clarté.

LENTILLE DE PARKER.

Le verre ardent le plus puissant qu'on se soit procuré jusqu'ici fut exécuté, pour M. Parker, par M. Penn d'Islington. Après bien des essais, cet habile artiste parvint à fondre une lentille de flint-glass de trois pieds de diamètre.

On en voit le dessin figure 91. La grande lentille *a* est bi-convexe; placée dans son châssis, elle n'a plus que 2 pieds 8 pouces et demi de diamètre. Elle a 3 pouces un quart d'épaisseur au centre; sa distance focale est de 6 pieds 8 pouces, le diamètre du foyer 1 pouce, et le poids de la lentille 212 livres.

Les rayons réfractés par cette lentille sont, d'après la méthode de Tschirnhausen, reçus par une seconde lentille *b*, dont le diamètre a 16 pouces hors de son

châssis, et 13 pouces dans le châssis. Son épaisseur centrale est de 1 pouce $\frac{5}{8}$, la longueur focale 29 pouces, le diamètre du foyer $\frac{3}{8}$ de pouce, et le poids de la lentille 21 livres.

La distance focale combinée de ces deux lentilles est cinq pieds trois pouces, et le diamètre du foyer un demi-pouce.

Ces deux lentilles forment les bases supérieure et inférieure d'un cône tronqué, à jour, formé par douze *génératrices* en bois.

A la moindre base est adaptée une crémaillière circulaire *d*, qui traverse le support *l l*, et qui marche au moyen d'un pignon placé à l'intérieur du support, mu lui-même par la manivelle *e*. Une barre de bois *f*, attachée en *g*, entre les deux côtes inférieures du cône, porte un petit appareil *h*, qui tourne sur un genou *k*, et se meut de l'avant à l'arrière relativement à *b*. Ce petit appareil, surmonté du plateau *i*, qui reçoit les substances qu'on veut examiner, peut donc se placer très-exactement au foyer de la lentille *b*. La monture conique est supportée, du côté de la grande lentille, par des pivots adaptés à un grand arc en fer *a c*, qui s'appuie sur un pied d'acajou *l*, à trois pieds, à roulettes, *m m m*.

Voici les expériences qui furent faites en présence du major Gardner et de quelques membres de la Société royale.

Substances fondues.	Poids des substances en grains.	Temps de la fusion en secondes.
Ardoise commune	10	2
Scories de fer	12	2
Or pur	20	3
Platine pur	11	3
Nickel	16	3

Cube de fonte	10	3
Cristal de roche (quartz hyalin)	7	6
Argent pur	20	4
Baryte	10	7
Lave	10	7
Cube d'acier	10	12
Cube de fer	10	12
Grenat	10	17
Cuivre pur	33	20
Émeraude de l'Orient	2	25
Jaspe	10	25
Cornaline brute	10	75
Pierre dite pourrie	10	80

Un diamant de dix grains, exposé pendant trente minutes au foyer de la lentille, fut réduit à six grains. Il s'ouvrit, s'exfolia, et laissa échapper une fumée blanchâtre. Il se referma, et conserva son poli et sa forme.

L'or conserva son état métallique, bien qu'exposé pendant plusieurs heures.

Des échantillons de platine conservèrent plus ou moins l'apparence métallique.

Du cuivre n'avait rien perdu de son poids après trois minutes d'exposition.

Le fer et l'acier entrèrent en fusion du côté où ils touchaient au charbon; l'autre partie ne fondit point, quoiqu'exposée au foyer.

Les scories de fer fondirent beaucoup plus vite que les tournures de ce métal.

Le précipité obtenu par le mélange d'un sulfate de fer avec la soude, pesait 5 grains avant d'être exposé, et 5 $\frac{1}{4}$ après l'exposition.

Le résidu d'un morceau de zinc, après s'être fondu

et presque entièrement évaporé, avait acquis du magnétisme.

Le cobalt s'évapora complètement en 57 secondes.

Du bismuth exposé sur un charbon s'évapora presque en entier. Sur du carbure de fer, il commença à fondre au bout de 2 secondes, et était complètement fondu quelques instans après. Sur du fer, il ne perdit qu'un grain de son poids, après 180 secondes d'exposition. Sur de la cendre d'os, il fondit en 3 secondes.

Trente-trois grains d'antimoine fondirent en 3 secondes sur le charbon; il n'en restait plus que onze grains après 195 secondes d'exposition.

Un morceau de cristal de l'Amérique du nord se contracta en 15 secondes; il était parfaitement liquéfié après 135 secondes; il commença à bouillir après 150 secondes, et devint d'une couleur d'ardoise et demi-transparent.

L'agathe, la cornaline, le jaspe se couvrirent d'une surface très-brillante.

Un grenat, placé sur du carbure de fer, fondit en 120 secondes; il prit d'abord une teinte plus foncée, perdit un quart de grain, et devint attirable à l'aimant. Dix grenats tirés d'un bracelet se fondirent en une seule masse après quelques secondes d'exposition.

L'argile pyrométrique de Wedgwood se fondit en un émail blanc. Sept autres espèces d'argile, envoyées par le même Wedgwood, se vitrifièrent en peu de temps. La pierre à chaux, tantôt se vitrifiait, tantôt se prenait en masse. Un globule de cette substance vola en mille éclats lorsqu'on le plaça au foyer.

Les stalactites, le zeolithus spatosus, se formèrent en boule après 60 secondes; le globule commença à s'éclaircir après 148 secondes; il était parfaitement transparent au bout de 155 secondes. Sa transparence

diminua par le refroidissement; il conserva une couleur rouge magnifique.

Les laves et autres produits volcaniques cédèrent aussi à la force de ce puissant instrument.

En 1802, sir Joseph Banks, le Dr Crawford, et quelques autres membres de la Société Royale, assistèrent à une expérience dans laquelle on chercha à concentrer les rayons lunaires; mais en appliquant au foyer les thermomètres les plus sensibles, on n'obtint aucun résultat, ou plutôt on crut voir le thermomètre s'abaisser un peu.

Cet instrument avait coûté près de sept cents livres sterling à M. Parker, qui l'avait fait exécuter pour le vendre. On ouvrit une souscription pour l'acquérir et le faire placer dans quelque établissement national; mais cette souscription ne produisit presque rien : de sorte qu'enfin le capitaine Mackintosh, qui accompagna lord Macartney à la Chine, en devint possesseur, et le transporta à Pékin, où il est aujourd'hui. Il est donc peu probable que nous ayons jamais de nouvelles des expériences auxquelles il pourra être employé.

LENTILLES DU DOCTEUR BREWSTER.

Les obstacles qui s'opposent à l'exécution et à l'usage des lentilles d'une grande dimension viennent : 1° de la difficulté de les fondre, de les tailler et de les polir; 2° de celle qu'on éprouve à se procurer une masse de glace assez grande et exempte de défauts; 3° de la grande épaisseur qu'il faut donner au centre de la lentille; ce qui absorbe beaucoup de chaleur et de lumière, ou les fait diverger, à cause des imperfections presque inséparables d'une si grande épaisseur de matière transparente.

Afin de remédier en partie à ces difficultés, le Dr Brewster a proposé la construction suivante :

Veut-on, par exemple, une lentille de quatre pieds de diamètre, on la compose de différentes pièces. Figure 92 : *abcd* est une lentille de flint-glass de dix-huit pouces de diamètre ; cette lentille est entourée de plusieurs segmens *agid*, *ageb*, *belc*, *cled*, taillés de telle sorte que leurs épaisseurs en *ab* et *ge* s'adaptent parfaitement avec les bords de la lentille intérieure, et soient des portions correspondantes de la lentille totale. Ces différentes épaisseurs peuvent se calculer facilement, et il n'y a aucune difficulté à donner à chaque segment la forme qui lui convient. Cette zone, formée de segmens séparés, est elle-même entourée d'autres segmens *gnof*, *foep*, *pemp*, *qmlr*, *rlks*, *skit*, *tehv*, *vhgn*, chacun de six pouces de large dans le diamètre du rayon. On voit, figure 93, la section de cette lentille : *de* est la portion centrale, *den*, *eof* la seconde zone, et *cam fbp* la zone extérieure. La figure 94 représente un des segmens séparés. Au moyen de cette combinaison de segmens, une lentille de quatre pieds de diamètre peut se construire aussi facilement que chaque segment séparé, et posséder évidemment les mêmes propriétés que si elle était d'une seule pièce.

Il y a encore un avantage, c'est qu'on peut agrandir sa lentille par degrés et selon ses moyens : une zone, un segment s'ajoute à ce qu'on a déja, et produit son effet : l'instrument se perfectionne progressivement. C'est ainsi que, figure 92, on voit le segment *nvxy* ajouté à la lentille, sans le reste de la zone à laquelle il appartient; il accroîtra néanmoins l'effet total proportionnellement à sa surface.

Rien n'empêche de tailler les segmens un par un,

deux par deux, ou même une zone entière. Mais si l'on préfère tailler les segmens les uns après les autres, on les unit ensuite par du ciment fin.

La munificence des souverains et des sociétés s'est manifestée si souvent dans ce siècle ; elle a si souvent aidé le zèle des particuliers, que nous ne pouvons ici nous dispenser de faire connaître le projet qui a été formé de construire un appareil national de ce genre, auquel les sociétés scientifiques du royaume pourraient contribuer chacune pour leur part et en raison de leurs moyens. Chaque société, par exemple, se chargerait de l'exécution d'une zone de la lentille nationale, laquelle zone servirait elle-même de verre ardent d'un assez grand pouvoir, qu'elle pourrait peut-être par la suite compléter, selon que ses fonds le lui permettraient. On combinerait ensuite occasionnellement toutes ces zones partielles pour les grandes expériences que pourraient faire nos premiers savans, et il paraît impossible de douter que de grandes découvertes ne soient le résultat nécessaire d'une association de ce genre ; car la fusion et la combinaison des corps qui sont restés jusqu'ici réfractaires ne pourraient manquer de conduire à des résultats tout-à-fait nouveaux, et qui auraient peut-être sur les arts une influence qu'il est impossible de comprendre dans l'état actuel des choses. La réduction à l'état fluide des minéraux simples et composés, et les phénomènes qui résulteraient de leur union et de leur refroidissement, jetteraient sans doute un grand jour sur les questions les plus embarrassantes de la géologie, et la physique générale tirerait sans doute de nouvelles ressources d'un agent aussi puissant.

SPHÈRE ARDENTE DE BREWSTER.

Dans le but de faire servir ces lentilles, ou des len-

tilles d'une toute autre forme, à produire des effets encore plus considérables comme verres ardens, le Dr Brewster a proposé la combinaison suivante, qu'il a qualifiée de sphère ardente (burning sphere).

On a combiné dans cet instrument, dont la puissance est pour ainsi dire illimitée, les pouvoirs de réfraction et de réflexion. Nous n'avons pas connaissance qu'aucun instrument de ce genre ait été projeté jusqu'ici; ce qui est assez surprenant, puisque la combinaison des lentilles et des miroirs doit naturellement se présenter à quiconque est frappé des limites des lentilles isolées, et des désavantages de nature théorique et pratique qu'elles présentent.

Cet instrument, proposé par le Dr Brewster, et que, par la disposition des lentilles, on peut à juste titre appeler une sphère brûlante, est représenté figure 95. On voit la section de cette sphère, avec cinq des lentilles et quatre des miroirs qui la composent. Les lentilles *a b c d e*, qui ont un diamètre et une distance focale quelconque, s'adaptent à la surface sphérique *a m n*, de telle sorte que leurs foyers coïncident exactement au point *f*. Si quelque lentille avait une distance focale plus grande que les autres, on obtiendrait néanmoins la coïncidence, en éloignant plus ou moins la lentille du point *f*. Toute la surface sphérique, dont la section est *a m n*, peut être formée de lentilles dont tous les foyers se trouvent en *f*; on ne laisse qu'un petit espace pour faire passer la substance qu'on veut soumettre à l'expérience, et l'on ferme la partie postérieure de l'appareil, non point par des lentilles, mais par un miroir ardent *m n*, d'un rayon égal à celui de la sphère. Le but de ce miroir est de renvoyer sur *f* la lumière qui s'échapperait sans produire aucun effet. Chacune des lentilles, à l'exception de *a*, est flanquée d'un mi-

roir plan, qui est maintenu par le châssis de la sphère ou repose sur un support séparé.

Tout étant ainsi disposé, on expose la sphère de telle sorte que les rayons solaires tombent perpendiculairement sur la lentille *a*, qui les concentrera en *f*, et produira déja une chaleur assez intense. Le miroir plane *pq* peut être, de son côté, disposé de manière à réfléchir les rayons solaires perpendiculairement sur la lentille *b*, chargée elle-même de les réfracter en *f*, où ils produisent une chaleur au moins aussi forte que la moitié de celle produite par *a*. Un effet semblable résulte du concours du miroir plan *rs* et de la lentille *d*; de même pour le miroir *tn* et la lentille *c*; de même encore pour *wv* et *e*; de même enfin pour tous les miroirs et toutes les lentilles que la section de l'appareil ne laisse point apercevoir. On augmente encore la puissance de la sphère par l'addition d'une plus grande lentille en *xx*; puisque l'angle de chaque miroir plan, avec l'axe de la lentille qui lui correspond, est une quantité constante, on peut fixer ces miroirs à l'appareil; et alors la seule précaution à prendre, lorsqu'on veut se servir de l'appareil, consiste à placer l'axe des lentilles *abdxx* parallèlement aux rayons solaires.

Comparons maintenant les avantages de cette construction avec ceux d'une lentille solide qui aurait une surface égale exposée aux rayons solaires.

Dans la sphère brûlante, la seule diminution de lumière se borne à peu près à celle qui résulte de la réflexion des miroirs plans, et qu'on peut évaluer à une moitié environ de la lumière incidente; et cette perte, on peut la compenser en ajoutant quelques lentilles de plus.

Dans les lentilles d'une grande dimension, il y a

une perte considérable de lumière, à cause de l'épaisseur des parties centrales et de l'obliquité des parties rapprochées de la circonférence; et, on le conçoit facilement, cette perte est au moins égale à celle causée par la réflexion dans la sphère brûlante.

Pour la sphère, les lentilles étant plus petites, il est infiniment plus facile de se les procurer exemptes de défauts; et, toutes choses égales d'ailleurs, elles transmettent donc plus de lumière. De plus, elles diminuent considérablement les effets de l'aberration de sphéricité et de réfrangibilité.

L'effet s'accroît encore, dans la sphère brûlante, par suite d'une plus grande concentration de la lumière incidente et du peu de distance focale des lentilles; enfin, toute lentille peut ajouter à l'effet, quel que soit le verre qui la compose, quels que soient son diamètre et sa distance focale : de sorte qu'à l'occasion on peut réunir les lentilles d'un grand nombre d'individus, et produire une chaleur d'une intensité extraordinaire.

PRODUCTION DU FROID.

Bien que le froid ne soit en effet, dans les corps, qu'une qualité négative, une *moindre chaleur*, nous le considérerons ici, et, pour plus de clarté, dans le sujet qui nous occupe, comme une qualité réelle. C'est dans ce sens que nous dirons que la chaleur n'est point le seul agent employé en chimie, et que le froid est d'une nécessité indispensable dans quelques opérations. Personne n'ignore qu'il en est un certain nombre qu'on ne peut faire avec succès qu'en hiver; et, bien que le temps seul puisse donner aux vins et aux liqueurs spiritueuses certaines qualités qu'on recherche, on sait

assez que le froid hâte plus ou moins ce résultat. L'odeur suave de quelques esprits, de quelques eaux odoriférantes, de l'eau de Cologne, par exemple, et de l'eau de mélisse des Carmes, s'augmentent de beaucoup par un séjour de quelques mois dans une glacière ou un cellier frais. Cet appareil, si l'on peut ainsi appeler une glacière, n'est donc pas moins utile au chimiste praticien que les fourneaux au moyen desquels il applique la chaleur.

DES GLACIÈRES.

On conserve la glace dans des caveaux plus ou moins profonds, suivant la chaleur du climat. Les caveaux n'ont point de fenêtres; ils sont formés de murs très-épais, et fermés par des portes doubles ou même triples, placées à plusieurs pieds de distance l'une de l'autre, dans des passages anguleux. Quelquefois on dispose la glacière de manière à ce qu'elle puisse se débarrasser de l'eau qui résulterait d'un dégel partiel, en formant des gouttières en travers du fond, gouttières qu'on recouvre d'une grille, et qu'on fait se déverser dans un puits placé dans le passage, et dont on retire l'eau par des pompes, sans ouvrir les portes de la glacière. Mais le plus souvent on s'en rapporte à la fraîcheur du lieu, surtout si le sol qui environne la glacière est bien sec. S'il est humide, au contraire, on construit dans le trou ou cellier une boîte en bois grillée à son fond, qu'on isole en la plaçant d'un pied et demi à deux pieds au-dessus du sol, et à une égale distance des côtés et du sommet. La glace se conserve alors aussi bien que dans un sol très-sec.

La forme des glacières qu'on rencontre dans un grand nombre de maisons de campagne en Angleterre, et dans quelques maisons en France, est ordinairement

un cône renversé, ou plutôt celle d'un œuf de poule ouvert par le haut.

On doit préférer un terrain sec à tout autre pour une glacière; car, partout où il y aura de l'humidité, la glace court le risque de fondre.

Ce n'est pas un mal que le lieu où l'on veut établir la glacière soit élevé; cette disposition facilite l'écoulement des eaux du sol ou de celles qui résultent de la fusion de la glace.

Contre les idées reçues, nous conseillons de faire en sorte que le monticule qui renfermera dès lors la glacière, soit laissé exposé au grand air et au soleil: parce que, d'une part, la chaleur du soleil ne peut pénétrer à travers le sommet de la glacière proprement dite, et qu'au contraire il desséchera, de concert avec le vent, les vapeurs humides et l'eau qui pourrait s'infiltrer.

La forme du bâtiment varie suivant les circonstances. Quant à la dimension du puits qui contient la glace, il ne faut point trop craindre de l'agrandir; car une glacière bien construite doit pouvoir conserver la glace deux ou trois ans. Il faut donc qu'elle contienne ce qu'on en pourra consommer pendant ce temps, afin qu'on ne renonce point à l'usage de cette précieuse substance, si un hiver très-doux survenait.

Si la quantité qu'on consomme n'est pas très-considérable, un puits de six pieds de diamètre sur huit pieds de profondeur sera bien suffisant; autrement on lui donnerait dix pieds de diamètre et autant de profondeur. Si le sol est sec, crayeux ou sablonneux, la fosse peut être placée sans inconvénient au-dessous du niveau du sol; si, au contraire, la terre est grasse, humide, argileuse, on cherchera à l'élever au-dessus du sol.

On devra laisser au fond de la fosse un espace libre

de deux pieds de profondeur environ, pour recevoir le résultat de la fusion partielle qui pourra s'opérer. Cet espace se videra par un petit tuyau souterrain. Il ne faut pas donner moins de deux pieds d'épaisseur aux murailles de la fosse, qu'on construira en bonnes briques ou en pierre. Il est clair, en effet, que plus les murs seront épais, moins on aura à craindre l'influence extérieure. Le mur de la fosse étant élevé de trois pieds au-dessus de son fond, on commence à le faire double, et on porte les deux murailles à la hauteur voulue; on les recouvre l'une ou l'autre, ou, ce qui vaut mieux encore, toutes les deux, d'une voûte très-surbaissée. Si la bâtisse doit être recouverte en ardoises ou en tuiles, il faudra faire précéder ce toit d'une couche de roseaux, de paille, ou de matériaux du même genre, de deux pieds d'épaisseur environ, qu'on plâtrera avec de la chaux. Alors on ne craindra plus que la chaleur pénètre à l'intérieur.

La figure 96 est la section d'une glacière prise sur le passage qui sert d'entrée : *a* est la masse de terre qui la recouvre, *b* le toit voûté du passage, *c* la porte de ce passage, *d* l'entrée dans le puits *f*, dont les murs doubles sont attachés l'un à l'autre par intervalles; *g* est le conduit qui sert à évacuer l'eau qui se forme.

La porte de la glacière ne doit avoir que tout juste la grandeur nécessaire pour qu'on puisse entrer; elle doit être forte, et bien fermer. A cinq ou six pieds de distance, on établira une seconde porte, qu'on aura toujours le soin de refermer, avant d'ouvrir la porte intérieure, toutes les fois qu'on ira chercher de la glace.

Lorsqu'une glacière vient d'être terminée, il faut lui laisser le temps de bien sécher; car des murs très-

humides ne peuvent manquer de dissoudre la glace; alors, au fond du puits, et sur un treillage en bois, on placera d'abord quelques menus bois, puis une bonne couche de roseaux, sur laquelle reposera la glace. Les roseaux sont infiniment préférables à la paille, dont on se sert ordinairement pour le fond; on l'emploie, du reste, pour garnir les parois verticales du puits avant d'y jeter la glace.

Quant au choix de la glace, les petits fragmens sont les meilleurs; car plus ils seront petits, plus ils s'uniront facilement dans le puits. Il faut serrer la glace, la comprimer de manière à ne laisser que le moins de vide possible; de plus, si l'on recueille de la neige, il faut la former en pelotes qu'on bat et qu'on presse autant que possible; on les range, et on les dispose ensuite dans la glacière de sorte qu'il n'y ait point de jour entre elles. En un mot, il faut agir pour elle comme pour la glace. S'il se trouve à la fois de la neige et de la glace, on les recouvre d'un peu d'eau au moyen d'un arrosoir, et elles se prennent bientôt en masse.

M. Cobbett, dans son *Économie des chaumières*, prétend, contrairement aux idées reçues, « qu'une gla- « cière ne doit point être placée sous terre, ni abritée « par des arbres, mais exposée à l'air et au soleil; que « son lit doit être élevé de trois pieds environ au-dessus « du sol; qu'enfin il suffit de disposer sa bâtisse de ma- « nière à ce que l'eau s'écoule immédiatement. » Il ajoute « qu'un habitant de la Virginie, avec quelques « perches et de la paille, construirait, pour une dixaine « de dollars, une glacière qui en vaudrait douze de « celles que l'homme de goût établit en Angleterre pour « autant de vingtaines de livres sterling. » Ces glacières de la Virginie ne sont, en effet, qu'un grand hangar conique dont le toit et les murs sont en chaume et ont

un pied d'épaisseur. On dépose la neige ou la glace sous ce hangar intérieur, reposant sur un lit de paille, puis un second hangar recouvre celui-ci; mais il est tellement élevé, et tellement éloigné de l'autre, qu'un homme peut se promener debout entre les deux.

PRODUCTION DU FROID PAR ÉVAPORATION.

Comme on ne peut point toujours se procurer de la glace, ou plutôt comme il est souvent difficile ou dispendieux de la conserver, on a cherché les moyens de produire un degré de froid suffisant pour la former immédiatement, même dans la saison la plus chaude, ou pour solidifier des substances qui résistent aux froids ordinaires de nos climats.

Cavallo rapporte, dans les *Transactions philosophiques*, quelques expériences qu'il fit dans le but de déterminer quel degré de froid on obtiendrait en dirigeant un petit courant de liquide sur la boule d'un thermomètre qu'il faisait tourner, afin de l'humecter également.

La température de l'atmosphère étant à 64 degrés de Fahrenheit, l'eau pure fit baisser le thermomètre en deux minutes à 56 degrés, et il ne baissa point davantage;

L'esprit de vin à 48 degrés, l'huile essentielle de térébenthine à 61 degrés.

L'huile d'olive, et quelques autres huiles à évaporation lente ou nulle, n'affectèrent point sensiblement le thermomètre.

De l'éther sulfurique étendu d'eau fit baisser le thermomètre à 3 degrés; vingt gouttes d'éther suffirent pour produire ce froid en deux minutes.

On pourrait sans doute, dans les climats chauds, appliquer cette expérience à la congélation des crêmes

ou glaces; une demi-once de bon éther congèle un quart d'once d'eau contenue dans un tube.

PRODUCTION DU FROID PAR ÉVAPORATION ET DANS L'AIR RARÉFIÉ.

On sait assez généralement que les substances absorbantes auxquelles on donne une grande surface ont la propriété de dessécher l'air renfermé avec elles. La flanelle, par exemple, le papier brouillard, bien desséchés, rendent l'air extrêmement sec et le conservent dans cet état. Le trapp porphyritique, réduit en poudre grossière, et préalablement séché devant un grand feu, exerce une action puissante et très-étendue; mais l'orge desséchée n'agit point avec moins de force, et son pouvoir est de plus longue durée. De toutes les substances salines, le muriate de chaux est celle qui absorbe l'humidité avec la plus grande force. Une fois saturé, ce sel peut reprendre son état primitif, quoique le procédé qu'il faut employer pour lui donner de nouveau sa faculté absorbante soit assez incommode. Mais le meilleur et le plus puissant absorbant de l'humidité est l'acide sulfurique: son action est vive et de très-longue durée.

On peut donc ainsi, pourvu qu'on raréfie l'air seulement d'environ cinquante fois, dans le temps le plus chaud, faire geler et conserver à l'état de glace une masse d'eau, jusqu'à ce que l'évaporation, qui ne cesse point pour l'eau à l'état solide, l'ait fait finalement disparaître. Les seules conditions à observer sont que la surface de l'acide soit passablement étendue, et aussi rapprochée qu'il est possible de celle de l'eau. Il faut verser l'acide dans une large soucoupe, à la profondeur d'environ un demi-pouce, et couvrir le tout d'un récipient de forme surbaissée, mais assez haut

pourtant pour contenir l'eau qu'on veut geler, et qu'on met peu profonde dans une soucoupe moindre de moitié en diamètre de celle qui contient l'acide, et soutenue au-dessus de lui par un anneau mince de porcelaine à trois pieds fort légers.

Il est important que l'eau soit aussi isolée qu'il est possible, c'est-à-dire que le vase qui la contient soit à très-peu près rempli; car sa portion sèche contribue, par la chaleur extérieure qu'elle reçoit et qu'elle conduit, à diminuer l'effet réfrigérant de l'évaporation. Pour éviter cet inconvénient, le mieux est de mettre l'eau dans un vase de terre bien vernie et poreuse; alors l'effet réfrigérant agit sur toute la surface de l'eau, qui transude. Lorsqu'on emploie de l'eau commune, on en voit sortir des bulles d'air en abondance pendant l'exhaustion; et dans peu de minutes, et long-temps avant qu'on ait atteint la limite de la raréfaction, on voit paraître de belles aiguilles de glace dans la masse de l'eau. A mesure que la congélation s'avance, on voit sortir de nouvelles bulles d'air hors de l'eau; et lorsqu'elle est entièrement solidifiée (ce qui, à moins qu'elle n'ait plus d'un pouce de profondeur, a ordinairement lieu dans moins d'une heure), la marche simultanée de l'évaporation et de l'absorption de la vapeur se continue. Une couche de glace infiniment mince passe, dans un temps indivisible, successivement à l'état liquide et à celui de vapeur, et enlève continuellement à la masse une bonne portion de sa chaleur. Cette vapeur va porter à l'acide, qui la reçoit, la chaleur qu'elle a enlevée; et l'acide effectivement se réchauffe en absorbant cette vapeur.

On réussit mieux dans la congélation artificielle en opérant en grand. Puisqu'une raréfaction extrême n'est point nécessaire, la pompe à air dont on se servira peut n'être autre chose qu'une seringue. Ou bien on

peut encore opérer une raréfaction suffisante en brûlant de l'esprit de vin dans le vase, qu'on a le soin de fermer aussitôt que la flamme est à son maximum.

Deux ou trois minutes suffiront pour produire l'exhaustion nécessaire, et les puissances combinées de l'évaporation et de l'absorption produiront bientôt le degré de froid désiré.

En somme, il vaut toujours mieux partager la quantité d'eau qu'on veut congeler dans plusieurs récipiens, lorsqu'on veut obtenir une certaine quantité de glace.

On peut ainsi épuiser successivement un nombre donné de récipiens; ou, mieux encore, on a une machine qui peut en recevoir un certain nombre à la fois. On construit à Londres de ces machines, qui peuvent recevoir une demi-douzaine de récipiens. On en exporte beaucoup dans les Indes, où ce procédé frigorifique est fort employé actuellement.

Si on en emploie six seulement, on aura en un quart d'heure une demi-douzaine d'appareils frigorifiques en pleine action, et, au bout d'une heure, près de six livres de glace.

L'eau diminue fort peu pendant cette congélation; elle ne perd guère qu'un cinquantième de son volume; et l'acide peut servir pour un assez grand nombre d'opérations, avant d'être trop affaibli par l'absorption de la vapeur aqueuse. Dans les commencemens, sa diminution de force est à peine perceptible, mais elle s'accroît ensuite rapidement. Quand la quantité de vapeur aqueuse absorbée par l'acide s'élève à un quart du poids de celui-ci, la faculté d'entretenir le froid est diminuée d'un vingtième; et quand le poids de l'eau est devenu égal à celui de l'acide, l'énergie réfrigérante est réduite à plus de moitié. Ainsi, l'acide sulfurique peut faire congeler plus de vingt fois son poids

d'eau, avant d'avoir absorbé un volume égal au sien de ce liquide, ou d'avoir perdu environ un huitième de sa faculté réfrigérante.

Mais on a fait récemment un pas de plus dans la partie pratique des congélations artificielles. L'acide sulfurique est un absorbant hygrométrique peu coûteux et fort énergique; mais il est un corrosif si puissant, que son emploi n'est pas sans quelque danger, sauf pour des mains exercées.

M. Leslie avait remarqué depuis long-temps la qualité absorbante remarquable du whinstoe, ou trapp porphyritique. En avril 1817, il substitua à l'acide sulfurique cette matière grossièrement pulvérisée, et séchée devant un feu ordinaire. Cette matière terreuse attire ou absorbe un cinquantième de son poids d'humidité, avant que cette attraction hygrométrique soit réduite de moitié; ainsi elle est capable de faire geler une quantité d'eau égale au sixième de son poids. On peut la dessécher de nouveau, et elle agit chaque fois avec la même énergie que la première, si elle est desséchée au même degré.

Mais M. Leslie a découvert un absorbant encore plus puissant et d'un emploi plus commode: ce n'est autre chose que la farine d'avoine desséchée. Avec une masse de cette substance d'un pied de diamètre et d'un peu plus d'un pouce d'épaisseur, il a gelé une livre et un quart d'eau renfermée dans une capsule hémisphérique de terre cuite poreuse. On dessèche aisément de nouveau la farine, et elle reprend sa propriété. Dans un climat chaud, l'action seule du soleil lui procurerait peut-être la dessication convenable. On peut donc, à l'aide de cette substance, qu'on trouve aisément partout, avoir de la glace en tout temps, et même dans un voyage de long cours sur mer.

On pourrait sans doute employer encore d'autres absorbans; mais, à l'exception du muriate de chaux, ou de ce qu'on appelle *l'huile de chaux* desséchée, aucun de ces absorbans n'est préférable à ceux indiqués. Le sel commun, desséché, amène tout juste le degré de la congélation; et le gypse, ou le sulfate de chaux, privé de son eau de cristallisation, qui semblerait devoir exercer une grande force absorbante, produit à peine un degré de froid sensible.

FROID PRODUIT PAR LES MÉLANGES.

On peut, par d'autres moyens artificiels, abaisser beaucoup la température de certains corps; en général, ces moyens sont fondés sur ce que l'affinité de deux corps peut les faire passer à l'état liquide : ainsi la glace et le sel marin en poudre, rapidement mêlés, produisent beaucoup de froid en se liquéfiant tous deux, l'état liquide exigeant une quantité de calorique latent dont ces corps manquent pour le moment, et qu'ils enlèvent aux corps voisins.

Par un seul mélange de cette espèce, on ne peut obtenir qu'un abaissement limité de température; mais si l'on commence par refroidir de cette manière les deux corps que l'on veut mêler, on aura un double refroidissement; et en multipliant de semblables opérations, l'on pourra produire un très-grand froid, de 60 degrés centigrades par exemple.

Le premier qui ait fait des expériences sur les mélanges frigorifiques est Fahrenheit; mais c'est à Walker qu'on doit les plus belles recherches sur ces mélanges : il en consigna les résultats de 1787 à 1801 dans les *Transactions philosophiques*. Lowitz y fit quelques additions curieuses.

Les tables suivantes, empruntées au *Dictionnaire*

de chimie de Pelletan, présentent les mélanges qui sont le plus employés, avec l'abaissement de température qu'ils produisent. Les deux premières contiennent les mélanges sans glace; la dernière, les mélanges avec la neige et la glace.

Les degrés thermométriques sont ceux dits centigrades.

PREMIÈRE TABLE

DES MÉLANGES FRIGORIFIQUES DE SEL ET D'EAU, AVEC LES ABAISSEMENS CORRESPONDANS DU THERMOMÈTRE CENTIGRADE.

Mélanges de sel et d'eau.	p.	Abaissement du thermomètre centigrade.
Hydrochlorate d'ammoniaque	5	de 10° à — 12° 22.
Nitrate de potasse	5	
Eau	16	
Nitrate d'ammoniaque	1	de 10° à — 13° 88.
Carbonate de soude	1	
Eau	1	
Nitrate d'ammoniaque	1	de 10° à — 15° 55.
Eau	1	
Hydrochlorate d'ammoniaque	5	de 10° à — 15° 55.
Nitrate de potasse	5	
Sulfate de soude	8	
Eau	16	

DEUXIÈME TABLE.

Mélanges de sels et d'acides étendus d'eau.	p.	Abaissement du thermomètre centigrade.
Phosphate de soude	9	de 10° à — 6° 11.
Nitrate d'ammoniaque	6	
Acide nitrique étendu d'eau	4	
Sulfate de soude	6	de 10° à — 10°.
Nitrate d'ammoniaque	5	
Acide nitrique étendu	4	
Phosphate de soude	9	de 10° à — 11° 11.
Acide nitrique étendu	4	
Sulfate de soude	6	de 10° à — 12° 22.
Hydrochlorate d'ammoniaque	4	
Nitrate de potasse	2	
Acide nitrique étendu	4	

Mélanges de sels et d'acides étendus d'eau.		Abaissement du thermomètre centigrade.
Sulfate de soude	3	de 10° à — 16° 11.
Acide nitrique étendu	2	
Sulfate de soude	5	de 10° à — 16° 11.
Acide sulfurique étendu	4	
Sulfate de soude	8	de 10° à — 17° 79.
Acide hydrochlorique	5	

TROISIÈME TABLE.

Melanges de neige et de sel, ou d'alcali, ou d'acide étendu.	p.	Abaissement du thermomètre centigrade.
Neige	1	de 0° à — 17° 17.
Sel marin	1	
Hydrochlorate de chaux	3	de 0° à — 27° 77.
Neige	2	
Potasse	4	de 0° à — 28° 33.
Neige	3	
Neige	1	de — 6° 66 à — 51°
Acide sulfurique étendu	1	
Neige ou glace pilée	2	de—17° 77 à—20° 55.
Sel marin	1	
Neige et acide nitrique étendu		de —17° 77 à—43° 33.
Hydrochlorate de chaux	2	de—17° 77 à—54° 44.
Neige	1	
Neige ou glace pilée	1	de —20° 55 à—27° 77.
Sel marin	5	
Hydrochlorate d'ammoniaque et nitrate de potasse	5	
Neige	2	de—23° 33 à —48° 88.
Acide sulfurique étendu	1	
Acide nitrique étendu	1	
Neige ou glace pilée	12	de—27° 77 à—31° 66.
Sel marin	5	
Nitrate d'ammoniaque	5	
Hydrochlorate de chaux	3	de — 40° à — 58° 33.
Neige	1	
Acide sulfurique étendu	10	de—55° 55 à —68° 32.
Neige	8	

DES THERMOMÈTRES.

Notre compatriote, le D[r] Robert Fludd, est le premier qui paraisse s'être occupé d'une mesure qui donnât la température de l'atmosphère dans les diverses saisons. Son appareil était fondé sur la dilatation de l'air; mais il avait le défaut de ne partir d'aucun point fixe qui permît aux autres observateurs de construire des instrumens qui donnassent des mesures comparables.

Fahrenheit vint ensuite, qui y ajouta le perfectionnement nécessaire; et aujourd'hui le thermomètre le plus en usage est fondé sur la dilatation plus ou moins grande du mercure.

Fahrenheit, cependant, avoua à Boerhaave qu'il n'avait jamais pu construire deux thermomètres qui s'accordassent dans tous les points de l'échelle; il attribuait ces défauts à la dilatation inégale des différentes parties du verre qui entrait dans ses instrumens.

Les observations comparatives faites par M. Hutchins sur plusieurs thermomètres construits par les meilleurs artistes de Londres, et consignées dans les *Transactions philosophiques*, décèlent de très-grandes différences dans leur marche; et les observations plus récentes faites pendant le voyage du capitaine Parry au pôle Nord, ont confirmé des différences semblables. D'autres observateurs ont trouvé que même les points fixes changeaient leur position avec le temps, et l'on attribua ces changemens au verre, qui ne reprenait point exactement le volume qu'il avait avant d'avoir été contracté par le froid. On ne doit donc point accorder une confiance trop grande dans les indications du thermomètre: et c'est seulement par les observations comparées des physiciens qu'on arrivera à des résultats

passablement vrais. Il faut surtout se prémunir contre cette confiance que chaque homme est porté à donner précisément et uniquement à l'instrument qu'il possède.

DES THERMOMÈTRES A MERCURE.

Les thermomètres qu'on emploie en météorologie, c'est-à-dire qui sont destinés à mesurer la température de l'atmosphère, sont plongés en entier dans le fluide; de sorte que la tige, comme la boule, sont soumises à l'action de la chaleur. Lorsqu'au contraire on détermine la température des liquides, on n'y plonge que la boule et une certaine partie de la tige.

Les thermomètres météorologiques et les thermomètres chimiques devront donc être gradués chacun selon l'usage auquel on les destine. Les premiers devront plonger en entier, boule et tige, dans la vapeur d'eau, ou plutôt la boule et une partie de la tige étant à un pouce ou deux au-dessous de la surface de l'eau; le baromètre étant à 30 pouces (et à Paris 76 centimètres).

Les thermomètres destinés aux expériences chimiques, au contraire, seront gradués par l'immersion dans l'eau bouillante de la boule seule et la partie du tube qui contient du mercure.

Pour fermer le thermomètre, on en expose la boule à l'action du feu : le mercure s'élève jusqu'à la partie supérieure de l'instrument; on profite de cet instant pour diriger sur cette extrémité, qu'on a préalablement effilée à la lampe, le dard de la flamme d'un chalumeau, qui le ferme subitement. Si cette manœuvre a été exécutée adroitement, il ne restera plus d'air à l'intérieur du thermomètre; ce qu'on reconnaîtra à ce que le mercure descendra très-rapidement de la boule au sommet, si on le renverse; et en le secouant doucement,

on entendra un son ou bruit particulier qu'on reconnaîtra facilement. On se sert en Angleterre d'échelles d'ivoire ou de buis; en France, on trace souvent les divisions sur le verre même. Cette méthode est souvent très-commode, lorsqu'il s'agit, par exemple, de déterminer la température d'un liquide corrosif.

Chaque pouce de différence dans la pression barométrique fait différer la température de l'eau bouillante de 1.92 de Fahrenheit; ou, selon Wollaston, 1 degré de Fahrenheit répond à 1.589 pouce de pression barométrique. Ainsi, quand le baromètre est à 29 pouces, l'eau bout à 210.08 Fahrenheit; lorsqu'il est à 31 pouces, la température de l'eau bouillante est indiquée par 213.92. C'est une source d'erreurs à laquelle on ne saurait trop faire attention.

Les tubes thermométriques qu'on se procure dans les verreries, sont tous plus ou moins mal calibrés. La première chose à faire, est donc de graduer le tube en parties d'égale capacité.

Pour cela, introduisez une petite colonne de mercure dans le tube, en plongeant l'une des extrémités dans un bain de mercure, en fermant l'autre extrémité et en enlevant le tube. Cette petite colonne de mercure ne doit pas avoir plus d'un demi-pouce de longueur. Amenez-la, en inclinant le tube, à deux pouces environ de l'autre extrémité, celle où l'on doit former la boule, et marquez-en le commencement sur l'échelle avec une petite lime ou un diamant. Une bande de papier graduée étant placée sur la table, appliquez-y le tube de manière à faire coïncider l'extrémité de la colonne mercurielle avec une de ses extrémités; marquez alors sur l'échelle l'autre extrémité de la colonne. Faites ensuite descendre le métal, de sorte que son extrémité inférieure arrive précisément où était d'abord son

extrémité supérieure. Appliquez encore le tube à l'échelle, et continuez ainsi jusqu'à ce que vous en ayez gradué toute la longueur. Alors pesez le mercure avec beaucoup d'exactitude.

Formez alors la boule à la lampe d'émailleur. Sous le rapport de la force et de la sensibilité, une boule conique ou cylindrique est préférable aux sphères. Si vous voulez graduer le tube d'après la méthode de Cavallo, telle qu'il l'a consignée dans les *Transactions philosophiques* de 1781, en pesant, comme nous l'avons dit, le mercure, prenez note du poids du tube. Attachez alors à l'extrémité du tube un petit morceau de papier roulé en forme d'entonnoir, et qui s'élevera d'un pouce ou deux au-dessus d'elle. Versez dans cet entonnoir un peu de mercure, que vous aurez fait préalablement bouillir, et maintenez la boule du thermomètre au-dessus de la lampe, afin de chasser une partie de l'air. Laissez refroidir la boule, et il entrera une quantité de mercure correspondante à la quantité d'air que vous aurez chassé. Échauffez de nouveau la boule, jusqu'à ce que le mercure introduit ait bouilli pendant quelque temps. Laissez-la refroidir de nouveau : en répétant cette manœuvre plusieurs fois, la boule et la tige seront bientôt remplies de mercure. Si quelques bulles d'air s'échappaient encore, il faudrait de nouveau faire bouillir le mercure, en en laissant toujours un peu dans le petit entonnoir de papier. Le mercure étant alors bien purgé d'air, aussitôt que la température de la boule sera suffisamment abaissée, plongez-la dans l'eau la plus froide que vous puissiez vous procurer. Enlevez alors l'entonnoir et le mercure qu'il contient, et plongez la boule dans l'eau bouillante : une partie du mercure s'échappera. Alors pesez le tout.

Vous avez maintenant les données suffisantes pour compléter la graduation de l'instrument, à partir d'un point fixe. Dans les climats chauds, ou dans toute autre situation où il est difficile de se procurer de la glace, cette méthode est avantageuse.

Connaissant le poids du tout, on obtient celui du mercure par une simple soustraction, et celui de chacune des divisions de la tige est connu : 180 degrés de Fahrenheit, ou 100 degrés centigrades, correspondent à une dilatation du mercure dans le verre de $\frac{1}{63}$; on trouve facilement combien d'espaces sont contenus dans ces limites.

Supposons, par exemple, que le poids du mercure soit de 378 grains; $\frac{1}{63}$ de cette quantité, ou six grains, correspondent à 180 degrés de Fahrenheit (100 degrés centigrades); alors, si la petite colonne qui a servi à graduer le tube pesait $\frac{6}{10}$ de grain, dix de ces espaces comprendront celui compris entre la glace et l'eau bouillante. Par conséquent, si le point de l'eau bouillante est connu, on peut en déduire celui de la glace fondante; ou bien on trouverait encore ces deux points d'après la température du corps humain, qui est de 98 degrés Fahrenheit. Dans le cas actuel, chacun des espaces de l'échelle devrait être divisé en dix-huit parties égales, pour indiquer des degrés de Fahrenheit; ou en dix parties, pour indiquer des degrés centigrades; car, d'une part,

$$6 : 180 :: \tfrac{6}{10} : 18,$$

et, de l'autre,

$$6 : 100 :: \tfrac{6}{10} : 10.$$

Lorsqu'on peut facilement se procurer de la glace et de l'eau bouillante, on peut se dispenser de peser;

car, en plaçant l'instrument, d'abord dans la première substance, puis dans la seconde, on obtient deux points fixes, et l'on divise en parties égales l'espace laissé entre eux.

ÉCHELLE THERMOMÉTRIQUE DE FAHRENHEIT.

L'échelle thermométrique dont l'usage est universellement répandu en Angleterre, est celle de Fahrenheit. Les *Acta eruditorum* de 1714 font mention de deux thermomètres construits par ce savant, dont l'échelle était fixée par la différence de température entre un mélange de sel et de glace et celle des aisselles ou de la bouche d'un homme en bonne santé. Cette grandeur était divisée en vingt-quatre parties, et de quatre en quatre elles avaient des noms distincts : 0 très-grand froid, 4 grand froid, 8 air froid, 12 tempéré, 16 chaud, 20 très-chaud, 24 chaleur insupportable. De là il paraît probable que Fahrenheit avait eu d'abord l'idée de six graduations égales de température, depuis le froid extrême jusqu'à une chaleur insupportable, et qu'ayant ensuite trouvé que ces parties étaient trop grandes pour des observations précises, il avait divisé chacune en quatre parties, ou le tout en vingt-quatre parties égales.

On ignore comment il fut ensuite conduit à faire de nouvelles sous-divisions ; mais il paraît, d'après un mémoire qu'il publia dans les *Transactions philosophiques* de 1724, que ses thermomètres météorologiques étaient gradués, d'après trois points fixes, en 96 degrés. Il donnait aux boules, ainsi que nous l'apprend Boërhaave, la capacité de 1933 degrés de l'échelle.

Les trois points fixes étaient, 1° un mélange de glace et d'hydrochlorate d'ammoniaque ou de sel com-

mun, formant le 0 de l'échelle; 2° un mélange de glace et d'eau pure, formant le 32e degré; 3° l'aisselle ou la bouche d'un homme en bonne santé donnait le 96e et dernier degré de l'échelle.

Par suite de l'observation d'Amontons, qui lui fit connaître que l'eau bouillait à un degré de chaleur constante, et celles d'autres observateurs, dont il résultait que la hauteur du baromètre variait dans le tube avec la température de l'atmosphère, Fahrenheit construisit quelques thermomètres à mercure pour déterminer le point d'ébullition de différens liquides.

Il paraît, d'après Boërhaave, que la boule de ces thermomètres avait la capacité de 11124 degrés; mais l'échelle n'allait que jusqu'à 600 degrés, point auquel le mercure entrait en ébullition. Il paraît que Fahrenheit se louait beaucoup des petites divisions de son échelle. Ses boules étaient cylindriques.

Aujourd'hui les thermomètres à mercure, auxquels on adapte l'échelle thermométrique de Fahrenheit, sont gradués au moyen de deux points fixes : 1° un mélange de glace et d'eau, donnant le 32e degré; 2° l'eau bouillante, qui fixe le 212e. La distance entre ces points se divise en 180 parties, et l'échelle se prolonge plus ou moins en haut et en bas, en donnant aux degrés la même grandeur qu'entre les points fixes. Les thermomètres à esprit se graduent au moyen de deux points fixes : le point de congélation, ou 32, par un mélange de glace et d'eau, et le point supérieur, qui doit être moindre que le point d'ébullition de l'esprit, en faisant bouillir de l'eau, qu'on laisse refroidir à un certain degré mesuré par un thermomètre à mercure.

Chaque degré de l'échelle de Fahrenheit est $\frac{1}{10340}$ du volume du mercure au point de la glace fondante.

ÉCHELLE THERMOMÉTRIQUE DE RÉAUMUR.

Newton paraît être le premier qui ait eu l'idée de prendre pour degrés de l'échelle thermométrique des parties aliquotes du liquide mesuré au point de congélation, et Réaumur mit cette idée en pratique.

Il préférait les thermomètres de grande dimension. Sa boule n'avait pas moins de quatre pouces et demi, et le tube un quart de pouce de diamètre.

Il employait, pour les graduer, une mesure formée d'un morceau de tube étroit, dont le milieu était soufflé en une boule oblongue, qui portait une marque près de son extrémité. Il plongeait cette mesure dans l'eau jusqu'à ce que le liquide affleurât la marque, bouchait l'extrémité supérieure avec le doigt, puis enlevait cette petite mesure, dont la capacité était égale à $\frac{1}{1000}$ de la boule et d'une partie du tube.

L'échelle du thermomètre était double : l'une, sur la gauche, indiquait le nombre de mesures comprises; l'autre, sur la droite, indiquait les degrés de dilatation ou de contraction, les uns en haut, les autres en bas, et en millièmes, le zéro étant placé en face du nombre 1000, marqué sur l'échelle de gauche. Ainsi,

1003	3	degrés de dilatation.
1002	2	
1001	1	
1000	0	ou zéro.
999	1	degrés de contraction.
998	2	
997	3	

En employant des thermomètres semblables, Réaumur trouva que quatre cents mesures d'eau de Seine, à la température de la glace fondante, occupaient, à

la température de l'eau bouillante, l'espace de 445 degrés.

Quatre cents mesures du meilleur esprit-de-vin qu'on pût se procurer à Paris, en occupèrent 435 dans des circonstances semblables.

Quatre cents mesures d'un mélange de trois parties d'esprit et d'une d'eau en occupèrent 430.

Quatre cents mesures d'un mélange de parties égales d'esprit et d'eau en occupèrent 425.

Un thermomètre rempli d'esprit-de-vin, et chauffé à la lampe, bouillit violemment à une douce chaleur, et ne se dilata pas au-dessus d'un certain point. Le même thermomètre ayant été placé dans l'eau bouillante, l'esprit se dilata un peu plus après avoir bouilli comme auparavant; on l'enleva, l'ébullition s'arrêta, et il marqua une hauteur supérieure à la première.

Pour les usages météorologiques, Réaumur se servit d'esprit-de-vin qu'il étendit d'eau, jusqu'à ce que, par des expériences répétées, il eût trouvé que 1000 parties à la glace fondante eussent acquis à la température de l'eau bouillante le volume de 1080; par conséquent, les 80 degrés de l'échelle primitive de Réaumur ne marquaient point le terme de l'ébullition de l'eau, mais celui de l'esprit étendu dont il se servit. Selon le docteur Martine, il correspond à 180 degrés de Fahrenheit : de sorte que chaque degré de Réaumur équivaudrait à 1.85 degrés de Fahrenheit. Mais il y a une grande incertitude dans ces réductions, et l'on convertit ordinairement les degrés de l'échelle de Réaumur en degrés de Fahrenheit, en regardant chacun des premiers comme égal à 2 $\frac{1}{4}$ degrés du second.

On prétend que cette confusion vient de ce que Deluc, le lecteur français de notre défunte reine, partagea aussi en 80 degrés l'espace compris sur son

thermomètre à mercure, entre le point de congélation et celui de l'eau bouillante. On rapporte que la Condamine lui avait conseillé d'adopter une autre division, afin que son thermomètre ne fût pas confondu avec celui de Réaumur; mais Deluc persista dans sa division en 80 parties, parce que ce nombre avait beaucoup de diviseurs entiers. C'est ainsi que les deux échelles thermométriques de Réaumur et de Deluc, quoique très-différentes, furent prises l'une pour l'autre, et que le thermomètre de ce dernier s'appelle encore aujourd'hui thermomètre de Réaumur.

Il paraîtrait que lorsque l'esprit-de-vin faible est renfermé dans un thermomètre bouché, la pression de sa vapeur lui permet de supporter une température plus élevée que celle de son ébullition; sa dilatation n'étant point identique avec celle du mercure, la conversion des degrés d'un thermomètre à esprit et d'un thermomètre à mercure ne peut point s'effectuer par la seule considération du rapport entre les 80 degrés de l'échelle de Réaumur, et les 180 degrés qui séparent la fusion de la glace de l'ébullition de l'eau dans le thermomètre de Fahrenheit. Deluc a lui-même donné le tableau suivant des coïncidences entre un thermomètre à mercure et un thermomètre à esprit. Chacun d'eux était divisé en 80 parties depuis la fusion de la glace jusqu'à l'eau bouillante, et ils avaient été échauffés dans le même vase d'eau.

Mercure.	Esprit.
80°	80.0°
75	73.8
70	67.8
65	61.9
60	56.2

55	50.7
50	45.3
45	40.2
40	35.1
35	30.3
30	25.6
25	21.0
20	16.5
15	12.2
10	7.9
5	3.9
0	0.0
— 5	—3.9
—10	—7.7

Cette expérience montre que la réduction ordinaire des températures observées avec le thermomètre à esprit de Réaumur en degrés de Fahrenheit, ne peut donner qu'une approximation grossière, qu'elle peut même éloigner de la vérité d'une dixaine de degrés. Soit, par exemple, 35.1 degrés la température observée, la réduction calculée donnerait 111 degrés de Fahrenheit, tandis que les expériences de Deluc montrent que la température réelle n'est pas moindre de 122 degrés de Fahrenheit.

Réaumur trouva que son thermomètre marquait toute l'année 10 degrés $\frac{1}{5}$ dans les caves profondes.

ÉCHELLE THERMOMÉTRIQUE DE DELISLE.

La même incertitude existe ici quant aux conversions des degrés de cette échelle.

Le principe sur lequel cette échelle est fondée, est à peu près celui de Réaumur : on prend l'eau bouillante pour point fixe, et la contraction du mercure

pour mesure des degrés. Le terme de l'eau bouillante étant marqué *o*, la graduation est descendante; chaque degré est la contraction du $\frac{1}{10000}$ du volume de mercure pris à la température de l'eau bouillante.

D'après ce mode d'estimation de la chaleur ou plutôt du froid, qui paraît avoir été suggéré par le climat de la Russie, le point de congélation se trouve avoir été marqué 153 degrés. C'est d'après cette échelle qu'il faut convertir les observations de Gmelin.

Il paraît cependant que, quelques années après, les avantages d'une graduation déterminée par deux points fixes prévalut, et pour avoir un nombre rond on appela 150 et on fixa au-dessous de zéro le point de congélation.

Cette échelle n'est en usage qu'en Russie.

ÉCHELLE DE CELSIUS OU CENTIGRADE.

Celsius ou Celse, en 1742, prenant le point de congélation de l'eau et son ébullition pour termes fixes, divisa l'espace compris entre eux en cent parties d'égale capacité. Les dilatations du mercure mesurent ces degrés.

Cette échelle est adoptée aujourd'hui en France sous le nom d'échelle centigrade; chaque degré est égal à 1.8 de Fahrenheit.

THERMOMÈTRE MÉTALLIQUE DE MORTIMER.

Les thermomètres ordinaires ne peuvent guère mesurer que les degrés inférieurs de température. Construits en verre, ils sont extrêmement fragiles, et il arrive souvent qu'ils craquent d'eux-mêmes en passant subitement d'une grande chaleur à un certain froid. Le Dr Cromwell Mortimer rechercha si les solides, et particulièrement les métaux qui se contractent par le

froid et se dilatent à la chaleur, ne pourraient point être employés avec avantage comme thermomètres plus étendus, c'est-à-dire indiquant les plus grands degrés de froid comme la chaleur la plus intense.

Quoique les altérations qu'ils éprouvent soient en effet peu sensibles comparativement à celle des esprits ou du mercure, on trouva cependant que le fer s'allonge d'un soixantième en passant de la température ordinaire à la chaleur rouge; on voit donc qu'à partir de 40 degrés de Fahrenheit au-dessous de zéro, jusqu'à la plus grande chaleur que le fer puisse supporter sans se fondre, une barre de trois pieds de longueur prendrait un accroissement d'environ $\frac{1}{4}$ de pouce. Cet accroissement, quelque faible qu'il soit, suffit cependant pour rendre sensibles tous les degrés de chaleur qu'il soit nécessaire d'observer sur un instrument.

Les figures 97 et 98 montrent cet instrument tel qu'il fut exécuté en 1736 par M. Jackson, sous la direction de Graham et Ellicot.

Figure 97 : *a b* est une barre cylindrique d'acier ou de cuivre, d'un quart de pouce d'épaisseur, et de trois pieds un pouce de longueur. Si la barre est en cuivre, il faut tout au moins visser à son extrémité une petite pointe d'acier *a*, d'un pouce de long, pris sur la longueur totale ; *c d* sont deux supports en fer, joints à l'extrémité inférieure par une bande plate *d d*, de deux pouces de long ; elle est surmontée en son milieu d'une petite pointe de un huitième de pouce de hauteur, qui entre dans l'extrémité de la barre (voyez la petite figure 97 *bis*), et sert à la maintenir ferme de concert avec la bande plate **, placée aux deux tiers de la hauteur des supports, et qui se laisse traverser par la barre. Enfin la barre entre au point *a*, dans un petit trou placé à la face inférieure du levier. Les sup-

ports en fer sont plats et de *c* en *x*, parallèles au front de la machine; en *x* ils sont contournés sur eux-mêmes, de sorte que les parties inférieures sont à angle droit avec les parties supérieures; *e f* est le levier qui tourne sur le centre *g*; en *f* est un cordon qui s'enroule deux fois sur la petite poulie *h*, et soutient un poids d'une demi-livre, suffisant pour maintenir le cordon toujours tendu. A l'autre extrémité *e* du levier est suspendu un second poids *l*, assez lourd pour contrebalancer le grand bras du levier *gf*, et exercer une pression suffisante sur le point *a*; *mno* est le derrière du plateau ou cadran de cuivre dont on voit la face, fig. 98. La poulie *h* de la figure 97 tourne sur son axe *c*, qui traverse le cadran, et porte du côté de la face une aiguille *acb*.

Les proportions de la barre et du levier sont arbitraires. Les barres de Mortimer, tant celles de cuivre que celles d'acier, avaient trois pieds de long, et se terminaient en *a* par une petite pointe d'acier vissée, d'un pouce de longueur; le levier avait quatre pouces de *e* en *a*, un pouce un cinquième de *a* en *g*, et douze pouces de *f* en *g*, la distance de *g* au-dessus de *c* était d'un pouce et demi; la poulie de cuivre *h* avait un demi-pouce de diamètre. Toutes les autres parties de la machine étaient en chêne. Le grand support *pq* avait un pouce en carré, deux pieds et demi de hauteur, et entrait en *q* dans un bloc de bois bien pesant *rs*. La mortaise était disposée de telle sorte, qu'on pouvait élever plus ou moins le support selon la situation dans laquelle il fallait placer l'extrémité de la barre *ab*; on se servait pour cela d'une vis de pression, qu'on voit en *t*.

La figure 98 représente le cadran, dont on voit la partie postérieure *mno* dans la figure 97. C'est un

plateau de cuivre couvert de papier fort, auquel on peut donner des dimensions quelconques. Celui du Dr Mortimer avait onze pouces de diamètre : *a b* est l'aiguille tenant à frottement à l'axe *c*, qui porte la poulie *h* de la figure 97. L'anneau extérieur doit avoir une surface suffisante pour qu'on puisse y tracer des indications. L'arc *d e* contient les divisions du thermomètre à mercure de Fahrenheit, et l'arc *f g* ceux du thermomètre à esprit-de-vin de Réaumur. Pour graduer l'instrument on plonge la partie inférieure de la barre dans un vaisseau qu'on puisse chauffer à volonté, et qu'on remplit d'abord d'eau froide et pure; elle y entre jusqu'à la marque +; on porte l'eau à l'ébullition pendant un quart-d'heure, et alors on tourne l'aiguille jusqu'à ce qu'elle ait pris une position parfaitement horizontale : c'est le terme de l'ébullition de l'eau, ou le 212e degré de Fahrenheit. Alors on enlève la barre, et on la fait sécher au-dessus du feu. Afin que l'index ne se dérange point de sa situation, on adapte une vis de pression à l'axe *c*. Si on laisse l'instrument se refroidir dans l'air, il indiquera les degrés inférieurs à l'eau bouillante; si, au contraire, on le plonge dans l'étain ou dans le plomb, ou un métal quelconque à l'état de fusion, il marquera les degrés supérieurs à l'eau bouillante. Une tige de cuivre mesurera les plus grands degrés de froid, et tous les degrés de chaleur jusqu'à la fusion de l'argent ou de l'or; mais, pour mesurer les plus hautes températures, il faudra employer une barre d'excellent fer ou d'acier.

Une barre de fer réglée par l'eau bouillante, comme nous l'avons exposé, ne mesurera point seulement les degrés de chaleur de l'étain et du plomb fondus, mais encore de l'argent, de l'or et du cuivre, toutes les

températures enfin qui s'étendent jusqu'à la fusion du fer. Passé ce terme, on emploie une tige d'argile à pipe, qu'on règle au moyen du mercure, car l'eau ne peut pas être employée dans ce dernier cas; cette argile peut servir jusqu'à ce que les matières se vitrifient.

Dans les grands fourneaux ou l'on opère la fusion des métaux, il n'est pas possible de placer un tel instrument; mais, dans les fourneaux pour le plomb et l'étain, on peut laisser quelque issue par laquelle le métal s'échapperait en fusion, demeurant néanmoins en contact avec le métal à l'intérieur, et la partie en fusion recevrait l'instrument.

PIÈCES THERMOMÉTRIQUES DE WEDGWOOD.

Une chaleur rouge, rouge clair, blanche, sont des expressions indéterminées; car, quoique ces différents états soient parfaitement distincts, ils laissent trop de latitude entre eux. Le degré de lumière du feu augmente avec sa force, et passe par une infinité de gradations que les mots ne peuvent point rendre, et que l'œil ne distingue pas clairement.

M. Wedgwood avait observé que des mélanges d'oxides de fer et d'argile prenaient au feu une variété de couleurs distinctes qui promettaient de mesurer utilement les divers degrés de chaleur.

Il faut avouer, cependant, que pour des usages généraux un thermomètre construit sur ce principe est sujet à bien des inconvéniens. Les idées de couleurs se communiquent très-difficilement par des mots; de plus, tous les yeux ne sont pas aptes à distinguer aisément ces couleurs, quand surtout les nuances sont assez rapprochées; puis on se garantit difficilement de l'effet des vapeurs qui altèrent sensiblement ces couleurs.

Mais, en considérant avec attention ce sujet, on découvrit, dans les corps argileux, une autre propriété, propriété que partagent, dans des degrés différens, toutes les espèces d'argile qu'on a pu examiner jusqu'ici, et qui est même un de leur caractère distinctif. C'est la diminution de volume qu'elles éprouvent au feu. On s'aperçut bientôt, dans le cours des expériences, que cette propriété donnerait une mesure plus exacte et plus étendue des différens degrés de chaleur que les teintes qu'on employait d'abord.

Le retrait que prend l'argile commence un peu au-dessous du degré de la chaleur rouge, et procède assez régulièrement, à mesure que la chaleur augmente, jusqu'à ce que l'argile se vitrifie, c'est-à-dire jusqu'à la plus haute température que puissent supporter les creusets et les autres vaisseaux de la même substance. La contraction totale qu'éprouvent les meilleures argiles, dans les feux les plus violens, s'élève à plus d'un quart dans toutes les dimensions.

Wedgwood se servit d'abord de petits cylindres d'argile blanche de Cornouailles, qu'il délayait dans l'eau, puis passait dans un tamis fin. Il la laissait ensuite sécher, et la renfermait dans des boîtes.

L'argile, conservée ainsi, garde toutes ses qualités aussi bien que dans son état naturel; ce qui n'a point lieu pour les argiles exposées aux actions combinées de l'air et de l'humidité, les interstices du tamis doivent être moindres de $\frac{1}{100000}$ de pouce.

L'argile sèche était ensuite mêlée avec les deux cinquièmes de son poids d'eau, et formée en petits blocs dans des moules de métal de $\frac{6}{10}$ de pouce de largeur, avec des côtés à peu près parallèles, d'un pouce environ de longueur, la profondeur était de $\frac{4}{10}$ de pouce;

afin que l'argile se détachât facilement du moule, on en huilait l'intérieur et on l'échauffait.

Ces pièces, une fois desséchées, étaient placées dans un autre moule de fer, composé seulement d'un fond et de deux côtés séparés de $\frac{5}{10}$ de pouce l'un de l'autre: c'est la largeur donnée aux petits cylindres.

Pour mesurer le retrait qu'ils éprouvent par l'action du feu, on les place dans une autre jauge formée d'une plaque en cuivre ou en laiton, sur laquelle sont soudées deux règles de même métal, parfaitement droites, et longues de vingt-quatre pouces, sous-divisées en pouces et en dixièmes de pouce. Ces règles forment un canal convergent de $\frac{5}{10}$ de pouce à une extrémité, et de $\frac{3}{10}$ à l'autre : supposons maintenant que la pièce d'argile ait diminué au feu d'un cinquième de son volume, elle montera jusqu'à la moitié de la longueur de la jauge; si elle diminuait des deux cinquièmes de son volume, elle monterait jusqu'à l'extrémité supérieure; les degrés intermédiaires de contraction lui permettraient de glisser jusqu'à des hauteurs intermédiaires; le degré auquel elle s'arrêterait donnerait la mesure de sa contraction et par conséquent le degré de chaleur auquel elle a été exposée.

Cette argile desséchée à la chaleur de l'été, ou dans une chambre modérément chaude, ou à une température un peu plus élevée devant un foyer, n'a donné aucune différence quant à son degré de sécheresse. Elle perd environ un centième de son poids à la chaleur de l'eau bouillante, à peu près les deux centièmes à la température du plomb fondu, et un dixième de son poids environ à la chaleur rouge, en tout les $\frac{12}{100}$.

Dans tous les cas, il sera utile de les faire cuire dans un four jusqu'au rouge naissant : par ce moyen

elles prendront assez de dureté pour qu'elles puissent être exposées tout à coup à une très-haute chaleur sans éprouver de gerçures; d'ailleurs elles s'empaquettent et se transportent plus facilement. Il n'est pas besoin, cependant, de donner une attention particulière au degré de chaleur nécessaire à cette cuisson; la seule attention à avoir est qu'il n'excède point la plus basse température qu'on puisse avoir à mesurer dans la pratique; car une pièce qui a été exposée à un degré de chaleur inférieur, peut tout aussi bien servir à mesurer de plus hautes températures que celle qui n'aurait point du tout été exposée au feu.

A propos de cette préparation, il n'est peut-être point inutile de prévenir l'opérateur d'une circonstance de peu d'importance, il est vrai, mais qui pourrait le surprendre d'abord.

Si la chaleur n'est point pour toutes parfaitement égales, il trouvera que quelques-unes ont commencé à se fendiller, que d'autres ont augmenté de volume; car elles renflent toujours un peu en approchant de la chaleur rouge. C'est dans cet instant qu'elles dégagent le plus d'air, et il faut peut-être attribuer leur extension à la grande élasticité que ce gaz acquiert à cette température, et qui divise les molécules de l'argile avant de se faire jour. Chaque division de l'échelle, bien que d'un dixième de pouce, correspond à la 600e partie de la largeur de la pièce : on pourrait augmenter la précision de l'instrument, soit en faisant les divisions plus petites, soit en donnant plus de longueur à l'échelle. Mais cette amélioration, si c'en est une, n'est nullement nécessaire, et l'on a quelque raison de croire que les avantages qu'elle procurerait seraient plus que compensés par les inconvéniens.

Si une échelle de deux pieds de longueur paraissait peu commode, on la diviserait en deux parties d'un pied chacune, en fixant sur le même plateau trois règles de cuivre : la première et la seconde à un pouce de distance par un bout, et quatre dixièmes de pouce à l'autre; la seconde et la troisième à quatre dixièmes de pouce de distance à un bout, et trois dixièmes à l'autre bout. De sorte que ce premier système donnerait les indications jusqu'au 120ᵉ, et le second jusqu'au 240ᵉ degré.

Ce thermomètre, comme tous les autres, ne peut exprimer que le degré de chaleur qu'il reçoit; l'opérateur doit donc avoir le soin d'exposer les pièces ou petits cylindres à une température égale à celle du corps. Dans les fours, dans les réverbères, sous des moufles où la chaleur est passablement constante et uniforme, les moyens à employer pour parvenir à ce résultat sont si évidens, qu'il est inutile de nous y arrêter; mais sur un feu nu où la chaleur est, pour ainsi dire, flottante et inégale dans divers lieux, suivant l'arrangement et l'état du combustible, il y a quelques précautions à prendre, que nous allons indiquer.

On peut d'abord mettre la pièce thermométrique dans le creuset avec la matière dont on recherche la température; mais si cette matière est de nature à fondre et à s'attacher, on placera préalablement le petit cylindre dans une petite enveloppe d'argile à creuset. A moins qu'on n'emploie des creusets excessivement petits, cet arrangement est toujours possible, et cela d'autant plus que rien n'empêche qu'on diminue les dimensions de la petite pièce, pourvu qu'on lui conserve ses cinq dixièmes de pouce de largeur.

Pour les creusets de la plus petite dimension, on pourra se contenter de placer la pièce avec son en-

veloppe tout juste à côté du creuset, comme si elle était une addition à son volume. Si l'on demandait pourquoi on n'en use pas toujours ainsi, on répondrait qu'avec les grands creusets l'enveloppe s'échauffe à l'extérieur beaucoup plus vite que la matière qu'ils contiennent; tandis que les petits creusets et l'enveloppe ayant à peu près le même volume, on n'a point à redouter des erreurs aussi considérables.

Ces pièces thermométriques jouissent de propriétés qu'on ne pourrait s'attendre à trouver réunies dans la même substance, et qui la rendent très-propre à l'usage qu'on en fait.

1° Cuite à un degré de chaleur modérée, bien que comme les autres argiles elle soit poreuse et s'imbibe d'eau, cependant son volume n'augmente point, même lorsqu'elle est saturée de liquide.

2° A un feu très-violent, elle se fond en une substance demi-vitreuse : cependant, à des températures encore plus élevées, elle se contracte régulièrement jusqu'aux plus hautes températures qu'on ait pu produire.

3° Elle supporte les passages subits de la chaleur au froid. On peut la jeter tout d'un coup dans le feu, et lorsqu'elle a absorbé une grande quantité de calorique, on peut la plonger tout aussi subitement dans l'eau froide, sans avoir à craindre de l'altérer.

4° Même saturée d'eau dans son état poreux, on n'a point à craindre qu'elle éclate en l'exposant subitement à une chaleur blanche.

5° Un refroidissement brusque, qui altère le volume et la contexture des autres corps, ne l'affecte en rien, du moins en ce qui tient aux usages thermométriques; en trois minutes, au plus, elle est complètement pénétrée par la chaleur qui agit sur elle, et arrive en un temps aussi court à la contraction que peut produire le de-

gré de chaleur, qu'il a fallu plusieurs jours pour communiquer aux substances qu'on examine. Les températures les plus élevées se communiquent à cette argile avec bien plus de vitesse que les températures basses, sans doute parce qu'alors leur texture est plus serrée, plus compacte.

L'échelle commence à la chaleur rouge, visible dans le jour, et le plus grand degré de chaleur qu'on ait atteint dans les expériences, est 160 degrés. Cette température fut produite dans un fourneau à air de huit pouces en carré.

C'est à M. Alchorne qu'on doit la plupart des expériences sur la fusion des métaux. Il opéra sur les échantillons de métaux purs, déposés à la Tour; il paraît que le cuivre de Suède fond à 27 degrés du pyromètre de Wedgwood;

l'argent à.................. 28
l'or à...................... 32
le laiton à................. 21

Cependant, dans les fonderies de cuivre, les ouvriers portent le feu jusqu'à 140 degrés et même au-delà. On n'a point encore pu expliquer pourquoi une si énorme différence entre la température du fourneau et la fusion existe: le fer commence à entrer en fusion à la surface entre 90 et 95 degrés, et la plus grande chaleur qu'on ait pu produire dans une forge ordinaire est de 125 degrés.

La fonte entre en fusion à 130 degrés dans un creuset séparé ou dans une fonderie; mais on ne put parvenir à ce résultat dans une forge ordinaire, qui n'offre que 5 degrés de différence. La chaleur à laquelle le fer commence à couler pour la fonte est 150 degrés.

On avait cru généralement que la fonte exigerait moins de chaleur que le fer forgé pour entrer en

fusion; au contraire, la fonte exige 35 ou 40 degrés de plus que le commencement de fusion du fer forgé.

Nous trouvons donc que la chaleur à laquelle le cuivre entre en fusion, et qui est de 27 degrés, est une chaleur blanche; le commencement de fusion du fer, qui a lieu à 90 degrés, est encore une chaleur blanche; c'est encore à une chaleur blanche que la fonte entre en fusion, le pyromètre marquant d'ailleurs 130 degrés; et de chaleur blanche en chaleur blanche, on monte ainsi de 27 degrés jusqu'à 160 degrés. Ces indications doivent donc être rejetées du langage de la pratique.

Un creuset de Hesse se vitrifie presque, dans une fonderie de fer, à 150 degrés; et des clous de fer doux se fondirent en une masse, au fond d'un creuset de Hesse, à 154 degrés. La partie du creuset, placée au-dessus de cette masse, était un peu endommagée.

La chaleur nécessaire pour produire la parfaite vitrification des matières dans la fabrication du verre, est de 114 degrés pour le flint-glass; de 124 degrés pour le verre à glace; on a trouvé une autre fois 70 degrés pour la première espèce de verre, inégalité de chaleur produisant le même effet qui, sans doute, est restée inconnue aux ouvriers qui travaillent cette substance. Après la vitrification complète, on laisse la chaleur diminuer jusqu'à 28 ou 29 degrés, et cette température est suffisante pour maintenir les matières en fusion.

On augmente ensuite la température pour travailler le verre: c'est ce qu'on appelle chaleur du travail; elle est pour le verre à glace de 57 degrés. La faïence cuit à 40 ou 41 degrés; la faïence colorée, à 86 degrés; les pots de grès, à 102. A cette température, ils commencent à prendre l'aspect de la porcelaine;

ce qui arrive aussi pour les pièces thermométriques, à une chaleur de 110 degrés.

Ces degrés de température ont été déterminés en chauffant les pièces thermométriques avec les substances elles-mêmes.

Ce thermomètre peut encore servir à mesurer la chaleur à laquelle on a cuit diverses substances chez les nations étrangères, dans des temps fort éloignés. Car l'argile et les compositions dans lesquelles elle entre en grande partie, ne diminuent point de volume, lorsqu'elles repassent par les degrés de chaleur auxquels elles ont été soumises, et se contractant au contraire pour des degrés supérieurs, si l'on en place un fragment dans la jauge, et qu'on le chauffe ensuite avec une pièce thermométrique jusqu'à ce qu'il perde de son volume, le degré auquel ce phénomène commence à se manifester, est à peu près celui auquel la substance a été cuite.

On a examiné de cette manière quelques vases romains et étrusques. Aucun d'eux ne paraît avoir supporté plus de 32 degrés, ni moins de 20 degrés; car leurs fragmens commencent à se contracter à peu près dans ces limites.

Un de ces fragmens d'un vase étrusque entra complètement en fusion à 33 degrés. Quelques autres morceaux de faïence romaine supportèrent une chaleur de 36 degrés. La porcelaine de Worcester se vitrifie à 94; celle de Chelsea, à 105; celle de Derby, à 112 degrés, et celle de Bow, à 121; tandis que celle de Bristol ne donne aucune apparence de vitrification, à 135 degrés. La porcelaine ordinaire de la Chine ne se vitrifie parfaitement à aucun feu. Elle s'amollit à environ 120 degrés; à 156 elle commence à couler. La porcelaine connue à la Chine sous le

nom de pierre de nankin, ne s'amollit nullement à cette haute température; ses parties intérieures n'acquièrent même point la contexture de la porcelaine: elles s'imbibent encore d'eau et happent à la langue. La porcelaine de Dresde est plus réfractaire que la porcelaine commune de la Chine, mais non autant que la pierre de nankin.

La faïence colorée supporte la même chaleur que la porcelaine de Dresde, et le corps en est aussi peu affecté.

M. Pott regarde comme un chef-d'œuvre de l'art, de former un mélange de craie et d'argile. Il ne dit point en quelle proportion; mais, d'après ses tables, on peut croire que c'est par parties égales de l'une et de l'autre substance. Ce mélange se vitrifie parfaitement à 123 degrés de ce thermomètre.

M. Foumey a fait remarquer, dans le Journal des Mines, que les pyromètres employés d'abord par Wedgwood, ne donnaient point les mêmes indications que ceux qu'il construisit ensuite, et que ce qui prouvait encore mieux que les mélanges naturels d'alumine ne possédaient aucune qualité constante, c'est que ceux qui avaient pu construire des pyromètres après lui, non-seulement ne s'étaient point accordés avec l'inventeur, mais même que les divers instrumens construits par la même personne ne s'accordaient point entre eux. Cette observation ne nous paraît point suffisante pour exclure cet instrument de nos laboratoires. Quelque imparfait qu'il soit, il faut bien, ce nous semble, s'en contenter, tant que rien de plus parfait ne le remplace. Du reste, signaler des imperfections est une chose toujours utile; car on appelle ainsi l'attention sur les moyens d'y remédier.

C'est ainsi que dernièrement nous avons vu M. Si-

vright remplacer l'argile de Cornouailles par l'agalmatolithe, qui est à la fois capable de supporter une haute température, et de se contracter plus sensiblement et plus également. Maintenant que nous avons décrit les instrumens les plus usités pour mesurer la température des corps, nous donnerons, avant de passer à la description du pyromètre de Mills, les diverses formules qui servent à convertir leurs degrés les uns dans les autres : nous rappellerons toutefois qu'il ne faut point avoir une trop grande confiance dans les résultats donnés ainsi par ce calcul.

CONVERSION DES DEGRÉS DES DIVERS THERMOMÈTRES.

C désigne le nombre de degrés centigrades.
F le nombre de degrés de Fahrenheit.
R . . . . de Réaumur.
D . . . . de Delisle.
W . . . . de Wedgwood.

1° Pour réduire les degrés centigrades en degrés de Fahrenheit, multipliez par 9 et divisez par 5, et au quotient, ajoutez 32, ce qui donne : *c* désignant le nombre de degrés centigrades, et *F* le nombre correspondant de degrés de Fahrenheit.

$$\frac{C \times 9}{5} + 32 = F.$$

2° Pour réduire les degrés de Fahrenheit à ceux centigrades, on se servira de

$$\frac{(F - 32) \times 5}{9} = C.$$

C'est d'après cette formule qu'on a calculé la table qui se trouve dans le commencement de l'ouvrage.

3° Pour réduire les degrés de Réaumur à ceux de Fahrenheit, on a :

$$\frac{R \times 9}{4} + 32 = F.$$

4° Pour convertir les degrés de Fahrenheit en ceux de Réaumur, on a :

$$\frac{(F - 32) \times 4}{9} = R.$$

C'est au moyen de cette formule qu'on a calculé la troisième colonne de la même table.

5° Pour réduire les degrés de Delisle au-dessous du point d'ébullition en degrés centigrades, on a :

$$C = 100 - \frac{2D}{3}.$$

Pour réduire ceux au-dessus du point d'ébullition :

$$C = 100 + \frac{2D}{3}.$$

Pour réduire les degrés de Wedgwood en degrés centigrades, comme le zéro du pyromètre correspond à 580° 56′ centigrades, et chaque degré du pyromètre à 72° 22′ 22″:

$$c = 580^\circ\ 56' + (72^\circ\ 22'\ 22'')\ W.$$

Nous le répétons, cette réduction surtout est plutôt une convention qu'un fait réel.

PYROMÈTRE DE MILLS.

L'expansion de l'air servit de base au thermomètre de Fludd; on employa ensuite l'esprit-de-vin et le mercure. Mais M. Mills en revint ensuite à l'emploi de

l'air. Le Dr Hook avait trouvé que la chaleur de l'été dilatait l'air d'un 30e environ. M. Boyle, dans son Histoire du froid, rapporte, d'après ses propres expériences, que le plus grand froid d'Angleterre ne contracte l'air que d'un 20e environ : or, $\frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{1}{12}$, on peut donc conclure que le même volume d'air, qui, à une température très-froide, occupera douze parties, occupera treize de ces parties pendant les plus grandes chaleurs de l'été. C'est la dilatation de l'esprit-de-vin, lorsqu'il commence à bouillir. Ce rapport, l'extrême sensibilité de l'air, et l'élasticité qu'il conserve, même après avoir été long-temps renfermé, le rendent peut-être le fluide le plus propre à la construction des instrumens destinés à mesurer les degrés de chaleur.

Le Dr Hales avait trouvé qu'une retorte, remplie d'air et exposée au feu, dilatait l'air du double, quand son fond était rouge, et du triple à la chaleur blanche.

Le besoin d'un instrument plus commode que ceux de Wedgwood et de Mortimer, capable en outre de mesurer les degrés de température supérieurs à l'ébullition du mercure, est surtout senti par les potiers, les fondeurs et quelques autres artistes.

L'instrument de Mills, représenté figure 99, est fondé sur la dilatation de l'air. Il se compose d'un tube et d'une boule de platine sans joints. La boule *a* est creuse et a un demi-pouce de diamètre environ; le tube *b* est parfaitement cylindrique, et il a environ $\frac{1}{16}$ de pouce de diamètre intérieur.

Ce tube est attaché ou plutôt parfaitement soudé à un autre tube de verre *c*, d'abord courbé à angle, puis en siphon renversé *c e d*. Son extrémité supérieure porte une boule *d*, de même capacité que la boule *a*. On laisse d'abord à cette boule un petit bout en forme

d'entonnoir, qui sert à introduire une quantité suffisante de mercure, et on ferme ensuite cette ouverture avec la lampe. Une échelle *e* enfin se trouve placée le long de la longue branche du siphon la plus éloignée de la tige de platine.

On comprend sans doute facilement l'usage de cet instrument : la boule *a* se place dans le feu, l'air contenu dans l'appareil se dilate et fait monter plus ou moins le mercure dans le tube, selon que la chaleur est plus ou moins grande.

Comme la boule de platine finirait par s'altérer et même se détruire par des expositions réitérées à de très-hautes températures, on la place dans une enveloppe *g* d'argile très-réfractaire, qui la protége, et l'on remplit tout le vide de l'enveloppe avec du charbon en poudre ou du sable.

Ce pyromètre permet de lire les indications pendant toute la durée d'une opération ; il offre quelques avantages pour régler la température des fourneaux.

CHALEUR SPÉCIFIQUE.

La doctrine de la chaleur spécifique ou de la capacité des corps pour le calorique, comme on l'appelle aussi, a beaucoup été étudiée par les chimistes théoriciens ; mais, il faut le dire, le résultat de leurs travaux est peu utile dans la pratique.

Si l'on mêle ensemble deux parties égales d'un même corps à des températures différentes, la chaleur du mélange est, à peu de chose près, la moyenne arithmétique de celle des parties intégrantes. Si les substances sont différentes, elle diffère souvent beaucoup de ce

résultat, même lorsque les corps n'ont point d'action chimique sensible l'un sur l'autre.

Si l'on met en contact un kilogramme de mercure, par exemple, avec un kilogramme d'eau, que le premier soit à *o* et l'eau chauffée à 34 degrés, en agitant ces deux liquides ensemble la température du tout sera de 33 degrés : il en résulte que l'eau, en s'abaissant d'un degré, a élevé la température d'une masse égale de mercure à 33 degrés; c'est-à-dire que la capacité du mercure pour la chaleur est 33 fois moindre que celle de l'eau; et si l'on représente la chaleur spécifique de celle-ci par 10,000, celle du mercure sera représentée par environ 334.

La table suivante indique les quantités relatives de chaleur nécessaire pour élever d'un degré d'une échelle quelconque une livre de la substance; on a pris pour unité l'élévation à un degré d'une livre d'eau, et cette unité est représentée par 10000. Cette table ne renferme que les substances les plus employées dans les arts.

Ces nombres, suffisans dans la pratique, ne doivent cependant point être adoptés avec trop de confiance. Les deux derniers chiffres sont sans doute fort inexacts, et je ne répondrais même point des centaines. Comme j'ai donné les résultats de chaque expérimentateur, on pourra, si l'on le juge convenable, prendre des moyennes.

Air atmosphérique	2669
Azote	2754
Hydrogène	32936
Gaz oléifiant (hydrogène percarboné)	4207
Gaz oxide de carbone	2884
Gaz acide carbonique	2210

Oxygène	2361
Vapeur d'eau	8470
Eau	10000
Glace	8000
Charbon de bois	2631
Houille	2800
Résidu de la combustion	1900
Cendres de charbon de terre	1860
Sapin	6500
Chêne	5100
Hêtre	4800
Cendres de bois	1400
Soufre	1880
Acide sulfurique (pesanteur spécifique, 1885)	7580
Id.... (pesant. spécif., 1872)	4290
Id.... (pesant. spécif., 1844)	3500
Id.... (4. Eau 5)	6631
Id.... (4. Eau 3)	6031
Id.... (18. Eau 10)	5200
Acide nitrique (pesant. spécif., 1200)	7600
Id.... (pesant. spécif., 1300)	6600
Id.... (pesant. spécif., 1360)	6300
Acide muriatique (pesant. spécif., 1153)	6000
Vinaigre	9200
Acide acétique	6600
Solution de potasse (pesant. spécif., 1346)	7590
Ammoniaque liquide (pesant. spécif., 997)	7080
Id.... (pesant. spécif., 948)	10300
Esprit-de-vin (Kirwan)	10860
Id.... (Irving)	9300
Id.... (Crawford)	6666
Id.... (Leslie)	6400
Id.... (Rumford, pesant. spéc., 853)	5897
Id.... (pesant. spécif., 818)	5499

Esprit-de-vin	(Dalton, pesant. spécif., 848)	7600
Id.	(pesant. spécif., 817)	7000
Or.	(Kirwan)	500
Id.	(Dulong et Petit)	298
Argent.	(Wilcke)	820
Id.	(Dulong)	557
Mercure.	(Lavoisier)	290
Id.	(Dulong)	330
Id.	(Dalton)	496
Platine.		1314
Plomb.	(Dulong)	293
Id.	(Crawford)	352
Id.	(Wilcke)	420
Id.	(Kirwan)	500
Litharge		680
Étain.	(Dulong)	514
Id.	(Wilcke)	600
Id.	(Dalton)	700
Oxide d'étain		990
Fer.	(Dulong)	1100
Id.	(Kirwan)	1250
Id.	(Dalton)	1300
Id.	(Crawford)	1430
Fonte.	(Tredgold)	1400
Oxide de fer		3200
Rouille de fer		2500
Cuivre.	(Dulong)	909
Id.	(Wilcke)	1140
Oxide de cuivre		2272
Métal des canons		1100
Zinc.		927
Oxide de zinc		1369
Laiton.		1160
Régule d'antimoine	(Wilcke)	630

Régule d'antimoine (Kirwan)		860
Bismuth...	(Dulong)	288
Id....	(Wilcke)	430

Craie		2700
Chaux vive.	(Dalton)	3000
Id....	(Crawford)	2209
Chaux éteinte		4000
Faïence		1950
Crown-glass		2000
Cristal		1929
Verre de Suède		1870
Flint-glass..	(Kirwan)	1740
Id....	(Dalton)	1900
Verre français		1770

Éther sulfurique		5432
Huile d'olive.	(Kirwan)	7180
Id....	(Leslie)	5000
Huile de lin.	(Kirwan)	5280
Id....	(Rumford)	4519
Spermaceti..	(Ure)	5970
Id....	(Dalton)	5200
Huile de térébenthine.	(Kirwan)	4720
Id....	(Rumford)	3385
Naphte		4151

TRANSMISSION DE LA CHALEUR.

La chaleur a une propriété d'une grande importance dans la pratique, et sur laquelle nous devons nous arrêter. Nous voulons parler de la vitesse plus ou moins grande avec laquelle elle passe dans le même corps d'une molécule à l'autre, et de celle avec laquelle certains corps la transmettent à d'autres corps.

C'est à travers les métaux que la chaleur passe le plus vite : car si on porte à une haute température l'extrémité d'une tige métallique, même d'une grande longueur, il devient bientôt impossible de placer les mains sur l'autre extrémité.

L'argent occupe le premier rang sous le rapport de la conducibilité, d'autres disent l'or; le platine au contraire est relativement un très-mauvais conducteur. En effet, on peut tenir assez long-temps un fil de platine dans la flamme d'une chandelle sans se brûler les doigts.

Viennent ensuite le charbon de bois et le coke obtenus par distillation, surtout si la chaleur a été forte.

Les pierres sont encore de plus mauvais conducteurs que le charbon distillé, et le verre est un des plus mauvais qu'on connaisse. Aussi dans un temps froid les verres craquent-ils souvent, lorsqu'on y verse une liqueur chaude. Cela tient à ce que la surface extérieure se dilate moins vivement que l'intérieure. Cet accident est encore plus fréquent, si les verres sont épais, et surtout s'ils sont plus épais dans un endroit que dans un autre. C'est pour cette raison qu'on cherche à rendre les cornues aussi minces que possible.

Les cendres de bois conduisent la chaleur moins vite que le sable, et on les employait autrefois pour les fourneaux à bain, lorsqu'on avait besoin d'une douce chaleur. Les briques sont encore plus mauvais conducteurs que les pierres ou le verre. Un mélange d'argile et de charbon étouffé conduit la chaleur si difficilement qu'on peut tenir à la main un petit cylindre de cette substance d'un pouce seulement de longueur, et dont l'extrémité aurait atteint la chaleur rouge. C'est donc un excellent mélange pour fabriquer les portes des fourneaux, pour doubler les fourneaux

de tôle : un doublage de cette sorte, épais seulement d'un pouce, dans un fourneau de fusion, retient si bien la chaleur, qu'un morceau de papier appliqué à la surface extérieure ne roussit même point.

Le bois est un conducteur tellement imparfait, que dans une expérience où l'on cherchait à comparer sa propriété conductrice à celle du fer, on le brûla à une de ses extrémités sans pouvoir l'échauffer à quelques pouces de distance. Mais il est encore de plus mauvais conducteurs cependant, nommément le coke et le charbon de bois obtenus par étouffement. Ces deux corps, réduits en poudre, seront donc utilement employés à remplir l'espace laissé entre les murs doubles des fourneaux ou des cheminées.

Tous les corps, réduits en filamens très-fins ou en parcelles très-petites, sont de mauvais conducteurs : ainsi le poussier de charbon, la brique pilée, le sable, le verre en poudre tiennent très-bien la chaleur, de même que la laine, la soie, la plume, l'édredon.

Nous présenterons ici une table des rapports de conducibilité de différens corps, qui sera peut-être de quelque utilité dans la pratique, bien qu'elle soit fort restreinte et peut-être même pas très-exacte.

Substances.	Nombres proportionnels à la propriété conductrice.
Or	1000
Argent	973
Cuivre	898
Fer	374
Zinc	363
Étain	304
Plomb	180
Marbre	24
Porcelaine	12
Terre des fourneaux	11

Si l'on excepte le mercure, les liquides sont de très-mauvais conducteurs de la chaleur, pourvu toutefois qu'elle ne soit point appliquée à la partie inférieure des vases qui les contiennent. Car alors les molécules inférieures, étant chauffées d'abord, deviennent plus légères et montent par l'effet des molécules plus froides de la surface, qui tombent au fond du vase, et forcent ainsi les premières à s'élever; de sorte que, même dans la supposition d'une conducibilité nulle, les mouvemens intérieurs suffiraient pour faire concevoir la facile distribution de la chaleur.

Si l'on communique de la chaleur au fond du vase plus vivement que les molécules échauffées ne peuvent s'élever dans la partie du liquide située au-dessus d'elle, ces molécules se réduisent en vapeur et se condensent ensuite en montant, ou viennent en globules crever à la surface; de sorte qu'il en résulte une violente agitation, capable quelquefois de faire éclater les vases de verre. Afin de favoriser la transmission de la chaleur dans le liquide, quelques chimistes, profitant d'une observation de M. Gay-Lussac, introduisent dans le vase de petits fils de platine contournés en spirale, qui conduisant le calorique avec plus de vitesse dans toutes les parties du liquide, servent à prévenir les accidens. Cette méthode est celle des fabricans d'acide sulfurique, qui concentrent ce produit dans de grandes cornues de verre.

Mais, de toutes les substances, celle qui conduit la chaleur avec le plus de difficulté, est l'air atmosphérique; on lui avait reconnu cette propriété depuis bien long-temps en Italie; aussi les écrivains de ce pays recommandèrent-ils souvent les murs doubles et même triples, avec des vides laissés entre eux, pour se défendre des chaleurs de l'été et du froid des hivers,

affirmant avec raison que ces espaces ne produisaient point seulement l'effet d'un mur solide de la même épaisseur, mais que de plus ils conservaient l'air qui les remplissaient à une température à peu près constante.

C'est encore en vertu de cette propriété que M. Watt renfermait les cylindres de ses machines à vapeur dans des enveloppes, et que le comte Rumford recommandait des couvercles doubles pour les bouilloires et les casseroles, et des châssis doubles aux fenêtres des appartemens. M. Tredgold a fait remarquer à ce sujet qu'on se défendrait à peu près aussi bien des changemens de température de l'atmosphère, et avec plus d'économie, en se servant d'un châssis unique auquel on adapterait des carreaux doubles éloignés d'un demi-pouce l'un de l'autre.

La vitesse avec laquelle les corps échauffés transmettent leur chaleur aux autres corps, n'a point été étudiée avec autant de soin que celle avec laquelle chaque corps se laisse pénétrer. Cependant cette recherche est fort intéressante.

L'acide sulfurique est particulièrement lent à transmettre sa chaleur; car les ouvriers le versent de la retorte dans d'autres vases de verre à la température de 200 ou 190 degrés de Fahrenheit; l'eau élevée à cette température les ferait craquer infailliblement.

Le goudron bouillant offre encore un exemple de ce genre. M. Davenport rapporte, dans les *Annals of Phylosophy* de 1817, qu'il a pu tenir sa main dans du goudron bouillant à 220 degrés, bien plus longtemps qu'il n'avait pu le faire dans de l'eau à 140. Les ouvriers qui goudronnent les cordages plongent à chaque instant leurs bras dans du goudron porté à cette température, supérieure à celle de l'eau bouillante.

On a pensé qu'on pouvait attribuer à la lenteur avec laquelle l'air se laisse pénétrer par la chaleur, la facilité d'entrer dans des fours portés jusqu'à la température de 270 degrés, d'y arranger des pains, etc.

DE LA LUMIÈRE.

De la chaleur et du froid nous passons à la lumière et à l'obscurité. Ici le chimiste praticien ne doit considérer cet agent que sous le rapport de la valeur relative des différentes substances employées à l'éclairage de nos habitations ou de nos ateliers; aux moyens à employer pour faire servir la lumière d'agent chimique, à ceux par lesquels on évite son action lorsqu'il est nécessaire, finalement aux moyens, de produire de la lumière instantanément.

DES LAMPES.

Il est probable que le plus ancien mode d'éclairage est celui des lampes : en dépit de leur importance les chimistes ont long-temps négligé de déterminer la valeur relative des huiles qu'on pouvait employer.

Leutmann, dans son *Vulcanus famulans*, excellent traité de chauffage et d'éclairage, qui a joui en Allemagne d'un succès prodigieux, et qui n'est point assez connu en Angleterre; Leutmann, disons-nous, paraît être le premier qui ait tenté quelques expériences, dans le but de déterminer la durée de la combustion des différentes huiles.

Les huiles qu'il essaya sont celles qu'on brûle le plus généralement dans les lampes : c'est à l'huile d'olive qu'il donne la préférence, et les expériences d'autres auteurs confirment ce résultat.

On trouve, dans le journal de Nicholson, le tableau suivant, qui indique, non-seulement la quantité d'huile consumée par heure, mais aussi le temps qu'une lampe a mis pour porter 2000 grains d'eau à l'ébullition, ou un peu plus d'un quart de pinte.

		Huile consumée en grains.	Temps pour l'ébullition en minutes.
Une lampe d'Argand..........		444	7
La même, fraîchement arrangée.		500	$6 \frac{1}{3}$
La même, sans verre.........		...	$7 \frac{3}{4}$
La même, avec un verre de deux pouces de diamètre et d'un pouce et demi de hauteur.........		400	$6 \frac{1}{3}$
Lampe de fer-blanc, avec quatre mèches de huit fils, et le conduit à air au centre........		200	10
Lampe de fer-blanc, avec huit mèches de quatre fils, et le conduit à air................		300	$6 \frac{1}{2}$
La même, avec trois fils seulement, et un verre de deux pouces de largeur et d'un pouce et demi de hauteur................		320	$6 \frac{1}{2}$
La même, avec un verre d'un pouce de hauteur...........		276	$6 \frac{1}{4}$
Lampe qu'il décrit avec 8 mèches.		...	$3 \frac{1}{2}$
Id............	7	...	4
Id............	6	...	$4 \frac{1}{4}$
Id............	5	...	6
Id............	4	...	$6 \frac{3}{4}$
Id............	3	...	$9 \frac{1}{2}$
Id............	2	Très-légèrement après	15
Id............	1	Commence à siffler après	30

M. J. Hecker, directeur des salines et administrateur

des mines à Iruskawitz en Galicie, a dernièrement constaté que l'huile de naphte brûlait mieux que toute autre substance dans les mines où l'air est malsain, et qu'elle était moins nuisible à la santé des ouvriers.

La lumière de l'huile de pétrole est à celle de l'huile de navette des Allemands, comme 1000 est à 831.3, et à celle du suif comme 1000 à 500.3, en supposant qu'elle brûle avec une petite flamme. La quantité de naphte nécessaire à éclairer également le même espace, est au suif comme 1000 à 925.4, et à l'huile de navette comme 1000 à 673.28. L'huile dite de pieds de bœuf est celle qui donne la lumière la plus brillante.

On emploie pour l'éclairage des mines l'huile de navette, le suif, les huiles de naphte, de pétrole et de pieds de bœuf : les trois dernières sont infiniment préférables aux deux premiers combustibles; elles brûleront encore là où la flamme du suif et de l'huile de navette s'éteindront : on accorde la préférence, sous tous les rapports, à l'huile de pieds de bœuf, parce qu'un mouvement subit de l'air n'éteint point sa flamme comme celle du naphte ou du pétrole.

M. Hecker assure que, dans les mines où il ne restait plus que 18.33 d'oxigène sur cent parties d'air, les ouvriers n'étaient point incommodés. En général l'huile de navette s'éteint lorsque l'air ne contient plus que 18.1 d'oxigène, tandis que le naphte et l'huile de pieds de bœuf brûlent encore avec 18.08 parties d'oxigène sur 100 d'air.

Les personnes qui cultivent les plus hautes branches de la science, négligent souvent de faire connaître les améliorations qu'elles ont apportées dans leurs moyens de recherche, parce qu'en général elles les regardent comme trop peu importantes. Cependant

lorsque ces observations sont nombreuses et qu'on les compare et les discute, on en tire toujours quelque profit.

M. James Smithson regarde comme un grand inconvénient la longueur qu'on donne ordinairement aux mèches des lampes, en ce qu'elles occupent une grande place dans le réservoir à l'huile; ce qui oblige à augmenter ses dimensions. Il a remarqué qu'il n'était nullement nécessaire que la partie de la mèche qui brûle fût une continuation de la partie destinée à fournir le combustible; il suffit donc que ce porte-mèche de la lampe contienne un bout de coton d'une longueur suffisante pour arriver à peu près au fond de l'huile; et, au lieu de coton filé, on peut remplir ce tube de coton en laine légèrement pressée, qui se laissera traverser par le liquide.

Pour remplacer la partie de la mèche qui brûle, on peut placer au sommet du tube un morceau de coton en laine roulé, qui recevra l'huile du coton placé dans le tube, et qu'on renouvellera toutes les fois que la suie formée par la combustion de l'huile l'aura altéré. Il est une classe de corps huileux dont la solidité n'est point assez grande pour former des chandelles, et qui cependant sont trop épais pour brûler dans les lampes sans être fondus préalablement.

La figure 99 représente une de ces lampes destinées à brûler les huiles dites concrètes :

a est une espèce de soucoupe qui contient la lampe; *b* est une enveloppe intérieure; *c* un porte-mèche de métal solide, percé d'un trou à son centre, qui laisse passer la mèche; *d* est une tige courbée en métal, fondue avec le corps de la lampe qui, en recouvrant la flamme en partie, en reçoit de la chaleur, qu'elle communique au corps même de la lampe, et contribue

ainsi à échauffer et liquéfier l'huile concrète qu'il renferme; *e* est un couvercle au moyen duquel on ferme la lampe, lorsqu'on ne s'en sert point, pour la garantir de la poussière.

LAMPES A CIRE.

L'emploi de l'huile dans les lampes a quelques inconvéniens, surtout pour les personnes qui pourraient les emporter en voyage. L'huile se répand, ou quelque fermée qu'elle puisse être elle finit par pénétrer son enveloppe et se montrer au dehors, de sorte qu'elle tache ou salit tout ce qui approche la lampe.

On a donc essayé de substituer la cire à l'huile dans les lampes destinées aux voyageurs. La seule difficulté qu'on ait à vaincre dans ce système de lampe, est de fournir toujours à la mèche une quantité suffisante de cire fondue; or, pour cela, il suffit d'empiler contre la mèche les morceaux de cire, de manière que la flamme puisse les fondre immédiatement.

Les mèches des lampes à cire de Smithson se composent d'un seul fil de coton passé d'abord dans la cire fondue. Elles sont maintenues par un porte-mèche de fer-blanc; une tasse ordinaire peut servir aussi bien que toute autre chose pour faire une lampe à cire. Il suffit d'y empiler la matière et de la presser un peu. Lorsque la mèche est usée on perce la cire avec une grosse épingle, et l'on introduit un autre fil de coton, auquel on fait traverser le porte-mèche. Cette lampe est très-commode pour les essais au chalumeau; elle peut faire partie de la boîte de voyage des minéralogistes.

La meilleure manière de l'éteindre est de surcharger la mèche de cire. Ces lampes ou lampions, si l'on veut, sont dans bien des cas préférables aux bougies;

on a la facilité de placer au-dessus d'elles un vase d'eau qui peut servir à se raser le matin ; elles peuvent échauffer, en peu de temps, une tasse de café, et la cire se congèle si facilement que, dans un moment pressé, le voyageur peut jeter la lampe dans son sac de nuit sans avoir à craindre de gâter ce qu'il contient. Sous une infinité de rapports nous ne saurions trop recommander cette lampe au minéralogiste voyageur qui devra, lui, donner à la mèche plus d'épaisseur, puisqu'il l'emploiera aux essais avec le chalumeau.

DES CHANDELLES ET DES BOUGIES.

Ce que l'usage des chandelles a de plus gênant, est la nécessité où l'on est de les moucher à chaque instant, et ce désagrément est principalement senti par les personnes qui ont à s'occuper de travaux de tête. On peut remédier en quelque sorte à ce désagrément en inclinant la chandelle de manière à ce que le bout de la mèche ne puisse point ramasser la suie et former des champignons, mais qu'au contraire il sorte de la flamme par le côté et se convertisse graduellement en cendres.

Les bougies de cire ou de blanc de baleine ayant une mèche très-fine, cette mèche se courbe de haut en bas et se consume ainsi quoique la position du chandelier soit verticale.

Pour empêcher cependant la chandelle de couler, on ne devra lui donner une position inclinée que lorsque la mèche aura acquis quelque longueur dans sa position verticale. Cette position inclinée a été depuis long-temps adoptée pour les chandelles qui doivent rester allumées toute la nuit. Il n'y a point de règle générale pour la pente ; elle dépend de l'épaisseur de la mèche et de la plus ou moins grande torsion; d'ail-

leurs lorsque deux chandelles seront à la fois placées sur une même table, il faut avoir le soin de les écarter l'une de l'autre, de peur qu'elles ne se fassent mutuellement couler par la chaleur réciproque qu'elles développent. On a recherché quel effet pouvait avoir sur la consomption de moucher les chandelles; pour cela on fit brûler, pendant une heure, six chandelles du meilleur suif fondues dans le même moule, portant des mèches de douze fils. Voici les résultats qu'on a obtenus.

En mouchant toutes les dix minutes,

Poids en grains lorsqu'on les alluma.	Après une heure.	Perte.
781	676	105
782	682	100
784	682	102
785	681	104
786	676	109
792.5	690	102.5

En ne mouchant pas.

673	573	100
676	573	103
676	570	106
681	581	100
689	580	101
689	592	97

Dans le but de comparer la combustibilité du suif *Piney*, espèce d'huile concrète qu'on tire des Indes orientales, on fondit des chandelles de cette substance dans les moules mêmes qui servirent à fondre les bougies et les autres luminaires qu'on voulait comparer. On donna à chacun une mèche composée d'un même nombre de fils, à l'exception des bougies de cire dont

la mèche était plus fine. Enfin on prit tous les moyens de les placer chacun précisément dans les mêmes circonstances. Après les avoir pesés avec soin, on les laissa brûler pendant une heure dans un appartement où l'air était parfaitement calme et à une température de 55 :

	Poids en grains lorsqu'on les alluma.	Au bout d'une heure.	Perte.
Cire	840	719	121
Moitié cire, moitié suif piney	770	631	139
Blanc de baleine, dit spermaceti	760	604	156
Moitié blanc de baleine, moitié suif piney	777	605	152
Suif animal	811	703	108
Moitié suif ordinaire, moitié suif piney	792	681	111
Cire du Cap	763	640	123
Suif piney	812	702	110

Ces expériences montrent la valeur comparative des différens matériaux qu'on peut employer.

Enfin l'on fondit encore plusieurs luminaires en leur donnant à tous des mèches de même épaisseur, nommément douze fils comme aux bougies, et l'on obtint les résultats suivans, après une heure de combustion :

	Poids en grains lorsqu'on les alluma.	Au bout d'une heure.	Perte.
Cire	730	594	136
Moitié suif, moitié cire	750	622	128
Blanc de baleine	736	590	146
Moitié cire, moitié blanc de baleine	762	616	146
Suif piney	774	684	90

M. John White prit un brevet d'invention pour la

fabrication de chandelles dont la surface extérieure est moins fusible que la partie intérieure. Les moules dont il se sert sont un tube creux qu'il remplit au tiers ou au quart de cire, blanc de baleine, ou toute autre substance, qu'il choisit suivant ce qu'il désire. Quand ce moule a reçu la matière à l'état liquide, on le place horizontalement, et il reçoit un mouvement de rotation sur son axe, qu'il conserve jusqu'à ce que le liquide, obéissant à la force centrifuge, se soit attaché et figé aux parois intérieures, laissant ainsi un vide en son milieu. Cette enveloppe cylindrique ou tube est tirée du moule, elle reçoit ensuite à son intérieur quelque substance plus fusible, à laquelle on adapte une mèche.

M. White a fabriqué, par cette méthode, des chandelles qui ont l'apparence de la cire, et dont les prix, suivant la qualité, varient depuis une valeur un peu plus grande que celle du suif, jusqu'aux deux tiers de celle de la cire. Elles équivalent aux bougies sous tous les rapports, ne demandent point à être mouchées, donnent une lumière égale et fort belle, sans avoir une apparence graisseuse, acquièrent un très-beau poli par le frottement. Enfin elles peuvent servir dans tous les temps et dans tous les climats sans perdre leur solidité, leur poli, et n'ont point l'odeur désagréable du suif ordinaire.

On a récemment adopté en Bavière des mèches de bois, nous ne voyons point en quoi elles peuvent être supérieures aux autres.

COMPARAISON DES LAMPES ET DES CHANDELLES.

On doit au comte de Rumford les expériences suivantes, qui donnent le poids relatif de substance nécessaire pour produire une même intensité de lumière.

Une bonne bougie de cire, toujours bien mouchée, et brûlant d'une flamme vive.......	100
Une chandelle de bon suif, bien mouchée, et brûlant d'une flamme vive..............	101
La même chandelle n'étant point mouchée, et par conséquent donnant une flamme peu vive.	229
Huile d'olive, brûlée dans une lampe d'Argand.	110
La même, brûlant dans une lampe ordinaire, avec flamme vive et sans fumée.........	129
Huile de navette, brûlée de la même manière.	125
Huile de lin, brûlée de la même manière....	120

Le comte Rumford aurait désiré d'essayer l'huile de baleine ; mais il ne put parvenir à s'en procurer en Bavière, où il était lorsqu'il fit ces expériences.

Le Dr Ure renouvela, il y a quelques années, des expériences de ce genre sur les différentes quantités de lumière produites par des chandelles de poids différens, et par une lampe d'Argand. Il trouva que les chandelles plongées, dites à la baguette, de dix à la livre, brûlaient pendant quatre heures trente-six minutes. Comme elles pesaient 672 grains chacune, on trouva qu'elles laissaient consumer 150 grains de suif par heure; et la lumière qu'elles répandaient, mesurée par l'ombre produite à une certaine distance, fut prise pour une sorte de module et appelée treize.

Les chandelles moulées de dix à la livre brûlèrent cinq heures et neuf minutes. Elles pesaient 682 grains chacune; de sorte qu'elles laissaient consumer 132 grains de suif par heure. La lumière donnée fut égale à douze et demi.

Des chandelles moulées, de huit à la livre, brûlèrent six heures et trente-une minutes. Leur poids étant de 856 grains chaque, 132 grains de suif se consu-

mèrent par heure, et la lumière fut estimée à dix et demi.

Des chandelles moulées, de six à la livre, brûlèrent sept heures deux minutes et demie. Leur poids étant de 1160 grains, la consommation de suif par heure fut de 163 grains. On estima la lumière à $14\frac{2}{3}$.

Enfin des chandelles moulées, de quatre à la livre, brûlèrent neuf heures trente-six minutes. Le poids de chacune étant de 1787 grains, la consommation de suif fut par heure de 186 grains, et l'on estima la lumière à vingt et un quart.

Un *muchkin* écossais, ou une pinte anglaise de bonne huile de veau marin pesant 6010 grains, brûla pendant onze heures quarante-quatre minutes dans une lampe d'Argand. Il y eut donc une consommation de 512 grains par heure, et la lumière fut estimée à soixante-neuf et quatre dixièmes.

Présentons le résultat de ces expériences : on obtient la même quantité de lumière par,

2	lampes,	ou	7	chandelles moulées de	4	à la livre.
1	id....	ou	5	id................	6	id.
5	id....	ou	33	id................	8	id.
4	id....	ou	21	id................	10	id.
3	id....	ou	16	id. à la baguette de..	10	id.

En combinant ces résultats avec le prix de l'huile ou du suif, on obtiendra facilement la valeur relative de chaque mode d'éclairage.

On mesura, dans ces expériences, la quantité de lumière donnée par le moyen bien connu, que cependant nous nous ferons un devoir d'exposer. On place les deux lumières qu'on compare à quelques pieds d'une feuille de papier blanc attachée au mur ; puis avec un petit écran de carte, qu'on maintient entre

la lumière et le mur, on projette une ombre très-distincte sur la feuille de papier, la lumière la plus brillante donnant une ombre plus noire. Alors on éloigne cette dernière, ou l'on rapproche la lumière la plus faible de l'écran jusqu'à ce que l'une et l'autre donnent la même teinte sur la feuille de papier. Ce résultat obtenu, on mesure les distances respectives des lumières à l'écran; on élève ces distances au carré, et le rapport de ces carrés donne le rapport d'intensité des lumières. Ainsi, qu'une lampe d'Argand, placée à dix pieds de l'écran, donne une ombre d'une teinte égale à celle causée par une chandelle placée à quatre pieds seulement de ce même écran. Le carré de dix étant cent, et celui de quatre étant seize, comme seize sont contenus environ six fois et deux dixièmes dans cent, on en conclut que la lumière de la lampe est six fois et deux dixièmes aussi intense que celle de la chandelle.

DU GAZ DE HOUILLE CONSIDÉRÉ SOUS LE RAPPORT DE L'ÉCLAIRAGE.

La houille soumise en vaisseaux clos à la chaleur rouge, dégage une très-grande quantité de gaz qui, par une combustion lente à travers de petits orifices, donne une lumière constante et extrêmement agréable. Le premier qui ait tenté d'employer ce gaz à l'éclairage est le D[r] Clayton. Il a consigné ses essais dans les *Transactions philosophiques* de 1739; cependant il fallut soixante ans pour que ces essais trouvassent leur application. Enfin M. Murdoch, de la fonderie de Soho fit une série d'expériences judicieuses sur l'extraction du gaz de la houille, et réussit à tourner au profit général et à appliquer en grand une recherche scientifique.

M. Murdoch, après quelques essais sur une petite échelle, construisit en 1798, à la fonderie de MM. Boulton et Watt, un appareil qui éclaira, pendant plusieurs nuits, la partie principale de leur bâtiment; cette tentative, faite en grand, lui suggéra diverses méthodes pour purifier le gaz. En 1805 la filature de coton de MM. Philip et Lee, la plus considérable du royaume, fut aussi éclairée partiellement par le gaz, sous la direction de M. Murdoch; bientôt on adopta ce mode d'éclairage pour l'établissement tout entier. Enfin, dans la même année, la salle des cours de l'institut d'Anderson fut éclairée par du gaz de la houille préparé dans le laboratoire de l'établissement.

L'éclairage, au moyen du gaz, est plus économique que tout autre. Nous présenterons, à l'appui de cette assertion, les résultats donnés par M. Payen dans le *Dictionnaire technologique*, tome VII, page 441.

Un bec de quinquet consomme par heure au moins 30 grammes d'huile épurée qui valent à Paris 3 centimes et demi; en y ajoutant les frais de mèche, d'usé de la lampe, de main-d'œuvre pour nettoyer et garnir, etc., etc., on peut porter à 4 centimes la dépense par heure d'un bec d'Argand : or, suivant les expériences de M. Bérard, la lumière d'un bec de gaz, la flamme en étant élevée jusqu'au haut du verre, comme on la maintient habituellement dans les boutiques, est à celle d'un quinquet dans le rapport de 1.68 à 1; le quinquet brûlant alors 42 grammes d'huile par heure, et le bec de gaz en consommant quatre pieds cube dans le même temps. D'après ces données, si la lumière d'un bec d'Argand usant 30 grammes d'huile par heure, vaut 4 centimes, celle du gaz dans un bec ordinaire doit valoir 10 centimes; les compagnies d'éclairage le font payer 6 centimes. Les consommateurs

du gaz obtiennent donc réellement pour 6 centimes une quantité de lumière égale à celle qu'ils paieraient 10 centimes en s'éclairant avec de l'huile. La lumière fournie par le gaz, comparée avec celle des chandelles, est bien plus économique encore. En effet, un bec vendu 6 centimes procure une lumière égale à celle de 15 chandelles mouchées, ou de 12 chandelles dont la mèche est écartée; mais 7 minutes après ces dernières ne donnent plus qu'un vingtième de la lumière du gaz. Enfin, la mèche étant un peu longue, sans fumerons, sa lumière ne vaut qu'un vingt-huitième de celle du bec. Si nous supposons pour terme moyen que le bec du gaz égale seulement vingt chandelles, celles-ci durant six heures, et leur prix étant de 2.55 le paquet de cinq livres qui contient trente chandelles, les vingt coûteront 1.70; tandis que le bec de gaz, pour la même quantité de lumière, ne coûtera, à 6 centimes par heure, que 30 centimes. Les chandelles, dites *économiques*, offrent un résultat bien plus désavantageux; elles coûtent le double, durent deux fois plus, mais éclairent moitié moins.

Voici maintenant la comparaison des deux modes d'éclairage faite par M. Murdoch : il estime qu'un bec de gaz qui consume un demi-pied cube par heure, donne une lumière égale à celle d'une chandelle moulée de six à la livre.

Dépense de 110 tons de houille (cannel), en livres sterling......................	125 l.
Dépense de 40 tons de houille commune...	20
Dépense totale de la houille.............	145
Déduction pour 70 tons de coke..........	93
Dépense annuelle de houille, sans rien déduire pour le goudron..................	52

Intérêt du capital, et usé de l'appareil..... 350 l.
Faisant, en tout, une dépense totale d'environ. 400
Il faudrait, pour produire la même lumière avec des chandelles, une dépense de..... 2,000
Si l'on avait fait la comparaison, en supposant trois heures d'éclairage par jour au lieu de deux, et tout le long de l'année, on aurait eu en gaz........................... 650
En chandelles........................... 3,000

En regard de ce tableau il ne sera sans doute pas inutile de présenter le compte des dépenses d'éclairage d'un établissement français, compte que nous empruntons à l'ouvrage cité plus haut.

COMPTE DE L'ÉCLAIRAGE AU GAZ

DE L'HÔPITAL SAINT-LOUIS.

La consommation du charbon a été de 3120 hectolitres 50 litres, au prix de 4 f. 67 c. et de 4 f. 20 c.; savoir :

Charbon employé à la distillation;

Saint-Étienne	1999.75 h.	à 4 f. 67 c.	9,338 f.	83 c.
Id., pour chauffage; Creuzot	1120.75	à 4 20	4,707	15
	3120.50		14,045	98

Les 1999 hect. 75, distillés dans les cornues, ont produit :

1° Gaz hydrogène, 716670 pieds cubes.

2° Coke, 2900 hect., à 3 f. 43 c. l'hect.		10,019 25		
3° Goudron. En nature, 8128 kil., dont 7204.59 à 25 cent.		1,801 15		
		11,820 40		
Huile essentielle, 74 k. ont produit 18 k. 50, vendus à 1 f. 20 c.	22 20			
850 k., avec lesquels on a fabriqué 8460 k. de mastic à 25 c.	2,115			
Sur quoi déduire achat de sable et main-d'œuvre	786	1,329 »	1,351 20	13,171 60
Reste pour les dépenses résultant de la consommation du charbon				874 38

A quoi ajouter les frais de main-d'œuvre :

Deux hommes, calculés à 2 f. par jour	1,460	
Une cornue, 400 f.; d'où il faut déduire 50 f. pour la vieille fonte; ci	350	
Réparation des fourneaux	150	2,210 »
Entretien et réparation des conduits	200	
Chaux	50	
Total de la dépense		3,084 38
L'éclairage à l'huile coûtait		8,000 »
Différence		4,915 62

Il paraît, d'après les observations de M. d'Arcet, que les dépenses de ce compte sont plutôt exagérées qu'au-dessous de leur valeur réelle.

La douceur et la clarté de la lumière du gaz, son intensité presque invariable la fit bientôt rechercher par les ouvriers. Préférable aux chandelles sous tant de rapports, elle dispense, de plus, du soin continuel de les moucher, et éloigne le danger des étincelles et flammèches, circonstance très-importante, et qui a fait diminuer les primes d'assurances contre l'incendie pour plusieurs établissemens, notamment les filatures de coton.

L'éclairage des rues et places publiques par le gaz, si supérieur à celui qu'on obtiendrait de l'huile, offre encore plus de sécurité pour les personnes et les propriétés. Les crimes ne peuvent plus se commettre dans l'ombre; et comme les risques d'être pris augmentent pour les malfaiteurs, la tentation diminue; ce qui a fait dire, avec raison, que le gaz avait opéré et opérait tous les jours une réforme dans les mœurs. Les voleurs craignent la lumière encore plus que la garde, et il était impossible d'introduire une mesure de police plus efficace que l'éclairage au gaz; mais ce n'est point tout, c'est encore un art nouveau, qui a donné naissance à plusieurs autres branches d'industrie et de commerce, et ces nouvelles branches, qui se sont élevées dans un temps où les progrès de la raison avaient fait reconnaître la sottise des restrictions en matière d'industrie, n'ont point rencontré d'obstacles; elles s'exercent librement, et quiconque veut s'y livrer en est le maître. Beaucoup d'arts nouveaux se trouvent placés dans les mêmes circonstances, et le nombre des professions qui se trouvent ainsi libérées de la loi d'apprentissage de la 5e année du règne d'Élisabeth, est déja fort considérable chez nous. Bientôt on peut entrevoir qu'ils formeront la majorité. Voilà donc une des conséquences des découvertes scientifiques: non-seulement elles four-

nissent, par leurs applications, des moyens d'existence à une population nombreuse; mais elles tendent à délivrer l'humanité, sans convulsions politiques, des entraves imposées par la barbarie des vieux gouvernements.

Aujourd'hui, la plupart de nos grandes villes sont éclairées par le gaz; les autres imitent peu à peu leur exemple; quelques villes du continent même ont adopté ce mode d'éclairage.

Une si grande quantité de gaz explosif rassemblée en un seul lieu fit d'abord concevoir des craintes terribles, et ce ne fut point un des moindres obstacles que rencontra ce mode d'éclairage; cependant, depuis son introduction, un seul gazomètre a sauté: c'était encore dans l'enfance de l'art; et cet accident n'eut lieu que par l'ignorance d'un ouvrier, qui présenta une chandelle allumée là où le gaz sortait et venait se mêler à l'air atmosphérique. Sans doute d'autres accidents de détail ont eu lieu : le gaz s'échappe quelquefois des tuyaux et produit des explosions partielles: en général c'est à la négligence qu'il faut attribuer les malheurs de cette sorte: ni les boutiques, ni les appartements ne ferment assez bien pour contenir le gaz qui s'échapperait; mais, quand bien même il en serait ainsi, la quantité qui s'échappe est toujours trop faible, comparativement à la quantité d'air, pour produire un mal réel. Le gaz du charbon n'est explosif au plus haut degré que lorsqu'il se trouve mélangé à cinq parties d'air. Il faudrait donc pour une chambre de la capacité de 1728 pieds cubes, éclairée par un seul jet de gaz, consumant 5 pieds cubes par heure, que le bec restât ouvert pendant cinquante heures, avant que le mélange ait atteint sa plus grande disposition à l'explosion; mais le gaz du charbon répand une odeur assez désa-

gréable, pour qu'on s'aperçoive immédiatement de sa présence; de sorte que ce défaut devient une véritable sauve-garde.

Voici quelques résultats donnés par M. Accum : un bec d'Argand d'un demi-pouce de diamètre à son bord supérieur, percé de 5 ouvertures d'un 25e de pouce de diamètre, consume deux pieds cubes de gaz par heure, lorsque la flamme s'élève d'un pouce et demi : l'intensité de sa lumière est égale à celle de trois chandelles de 8 à la livre.

Un bec d'Argand, de trois-quarts de pouce de diamètre et percé de 15 trous d'un 30e de pouce, consume trois pieds cubes de gaz par heûre, lorsque sa flamme a deux pouces et demi de hauteur, et sa lumière équivaut à celle de quatre chandelles de 8 à la livre.

Un bec d'Argand de sept huitièmes de pouce de diamètre, percé de 18 trous d'un trente-deuxième de pouce, consume, lorsque la flamme a trois pouces de hauteur, quatre pieds cubes de gaz par heure, et donne une lumière égale à six chandelles de huit à la livre. En donnant plus de hauteur à la flamme, la combustion est moins parfaite, et l'intensité de la lumière diminue. En donnant aux trous plus d'un 25e, le gaz n'est point entièrement consumé. La hauteur de la cheminée ne doit jamais être moindre de cinq pouces.

D'après le même M. Accum, un bec de gaz qui consume quatre pieds cubes par heure, et situé à vingt pieds du tuyau principal qui lui fournit le gaz, exige un tube d'un quart de pouce au moins de diamètre.

Deux becs à trois pieds exigent un tube de trois huitièmes de pouce ;

Trois becs à trente pieds, de même, un tube de trois huitièmes;

Quatre becs à quarante pieds, un pouce et demi de diamètre ;

Dix becs à 100 pieds, trois quarts de pouce ;

Et vingt becs à 150 pieds, un pouce et demi de diamètre.

DU GAZ DE L'HUILE.

On a encore extrait du gaz, pour l'éclairage, de diverses espèces d'huiles, et les avantages de l'emploi de l'huile ou du charbon ont été ainsi spécifiés par M. Ricardo. Le gaz de l'huile est beaucoup plus pur, et son pouvoir éclairant bien supérieur à celui de la houille ; car l'intensité de la lumière qu'il produit a été évaluée, par un chimiste distingué, égale à trois fois celle du charbon, pour des quantités égales ; d'après M. Ricardo, les pouvoirs éclairans des deux substances sont comme 4 à 1. Il a trouvé qu'un bec d'Argand, donnant une lumière égale à six chandelles de six à la livre, ne consume qu'un pied cube de gaz d'huile par heure.

M. Accum affirme qu'un bec d'Argand de gaz de houille, donnant une lumière égale à celle de trois chandelles de huit à la livre, consume deux pieds cubes par heure. Dès lors, puisqu'un pied de gaz d'huile est égal à six chandelles, et qu'il faut deux pieds cubes de gaz de houille pour équivaloir à trois chandelles, il est clair que, si les chandelles étaient de la même dimension, un volume de gaz d'huile équivaudrait à quatre volumes de gaz de houille. On peut prendre la moyenne de ces résultats ; c'est-à-dire regarder un volume de gaz de l'huile comme donnant la même lumière que trois volumes et demi de gaz de houille, ou vingt pieds cubes du premier pour soixante-dix pieds cubes du second.

Le gaz de l'huile, à la rigueur, n'exige point d'être

épuré ; il ne contient point l'hydrogène sulfuré, qui entre dans le gaz de la houille, et dont les épurations ne le débarrassent jamais entièrement. Le gaz de la houille, en vertu de ce corps, agit sur toutes les substances métalliques, et il corrode et détruit, à la longue, les tuyaux qu'il traverse : s'il s'échappe dans les boutiques et les appartemens, il altère les dorures, les peintures, et toutes les préparations métalliques. Ces inconvéniens n'ont point lieu avec le gaz de l'huile, qui ne contient point d'hydrogène sulfuré et qui n'a presque point d'action sur les métaux.

On dit souvent que le mode adopté pour purifier le gaz de la houille, le débarrasse effectivement de ce gaz pernicieux : l'expérience prouve tous les jours le contraire ; les petits tuyaux de cuivre fournissent des preuves de son action sur le métal, et leur intérieur se remplit graduellement de sulfure de cuivre.

Cette diminution de volume, jointe à la plus grande pureté du gaz de l'huile, l'a fait rechercher pour l'éclairage des appartemens, où son emploi est tout-à-fait sans inconvénient ; si les tuyaux ont été bien ajustés et surtout bien éprouvés, avant de les charger du transport du gaz, on n'a point à redouter le plus léger désagrément. Quand même un des robinets resterait ouvert, et que le gaz se répandrait dans l'appartement, on serait beaucoup moins affecté de son odeur que de celui de la houille, et les substances métalliques auraient moins à redouter son action. Mais, il faut en convenir, cette propriété du gaz de l'huile de baleine peut parfois causer quelques accidents, qu'on aurait évités en employant le gaz de la houille. Son odeur n'avertissant point de sa présence, il peut se mêler à l'air de la chambre en proportion telle que le tout devienne explosif, et cela sans qu'on s'en aperçoive ;

c'est ce qui n'aurait point lieu avec le gaz de la houille.

Il paraît que quelques espèces d'huile contiennent du soufre : on en a reconnu la présence dans l'huile de colza (*Brassica arvensis* de Decandolle), employée par l'une des compagnies de la ville de Paris, et qui avait un effet pernicieux sur le voisinage. Ce gaz attaquait les substances métalliques et affectait les poumons. Les becs se corrodaient et se détruisaient promptement ; ils s'encrassaient d'efflorescences que l'analyse a reconnu être composées de sulfate de zinc et de cuivre, de sous-sulfate de cuivre, de phosphate de cuivre, d'oxide de fer et de quelques traces de silice. Cette expérience montre la nécessité de purifier complètement ce gaz, ou de renoncer à l'usage de cette graine si l'on ne peut y parvenir.

Le pouvoir éclairant du gaz de l'huile, comparé à celui de la houille, a suggéré l'idée de réduire encore son volume, en le comprimant dans des vases de fer, pour le rendre portatif. Déja nos salons peuvent être éclairés par des lampes qui n'exigent aucun soin, ne tachent et ne salissent rien. Comparé à tout autre mode d'éclairage, c'est, sans aucun doute, le plus sûr, le plus propre et le plus beau. Point de flammêches à craindre, point de taches d'huile, et sans compter le danger des incendies, qui se trouve de beaucoup diminué ; mais ce système d'éclairage n'est point encore généralement adopté, parce que les masses tiennent long-temps aux vieux usages, et qu'il faut un temps énorme pour qu'elles adoptent des choses commodes et nouvelles. Dans les lampes servies par les compagnies du gaz portatif de Londres, le gaz est réduit au trente-deuxième de son volume primitif.

On avait commencé par employer les becs de gaz de la houille pour le gaz de l'huile; il en résultait une

perte considérable et une notion fausse du pouvoir relatif de ce dernier. Le bec d'Argand, qui laisse passer le gaz à travers un certain nombre de petits trous, est, sans contredit, ce qui favorise le plus la combustion: mais ce qu'il était difficile de prévoir, c'est que ces trous devaient être plus petits et plus rapprochés pour le gaz de l'huile que pour le gaz de la houille. Dans tous les cas, la distanee entre deux trous doit être telle que la flamme qui sort de chacun puisse tout juste toucher la flamme de celui qui est contigu. Le gaz de l'huile contient plus de carbone que celui de la houille, et l'intensité de la lumière croît en raison de la quantité de carbone; de sorte que les trous qui permettent la consomption complète du carbone de la houille, sont un peu trop grands, relativement à la quantité de carbone du gaz de l'huile. On doit donc à la fois diminuer et rapprocher les trous pour ce dernier. Il en résulte que le gaz de l'huile est moins propre à l'éclairage des rues que celui de la houille, parce que les coups de vent l'éteignent plus facilement.

On n'est point tout-à-fait d'accord sur les pouvoirs éclairans de l'un et de l'autre gaz. Selon les uns, le même volume de gaz de l'huile équivaut à trois fois et demie le même volume de gaz de houille, tandis que, selon d'autres, c'est seulement deux, et même moins. De cette question, cependant, en dépend une autre, qui ne manque point d'importance: celle de savoir, par exemple, lequel est le plus avantageux d'un établissement à gaz d'huile, ou à gaz de houille? Le Dr Fyfe, dans un mémoire publié par le journal d'Édimbourg, jette quelques doutes sur l'exactitude des expériences de Ricardo et autres chimistes, tandis qu'il semble disposé à admettre les résultats de MM. Herapath et Rootsey, qui tendent à diminuer le pouvoir

relatif du gaz de l'huile. Les expériences de M. Dewey, publiées dans les Annales de Philosophie, et d'où résulte un grand degré de pouvoir éclairant dans le gaz de l'huile, furent faites, à ce qu'il paraît, ainsi que d'autres sur des gaz de houille d'un poids spécifique très-minime, 406 seulement; et le Dr Fyfe prétend, de son côté, que le pouvoir éclairant des gaz, après avoir été bien purifiés, est proportionnel à leur poids spécifique. Le gaz de l'huile de M. Dewey avait 939 pour poids spécifique; ce qui est considérable. Ce mode de comparaison n'est donc point tout-à-fait juste; car, si l'on a trouvé que d'excellent gaz d'huile vaut trois fois et demie du gaz de houille très-inférieur, cette supériorité se trouvera beaucoup réduite, en comparant les deux gaz à qualités égales.

Le Dr Henry a proposé de déterminer les pouvoirs éclairants de l'un et de l'autre, par la quantité relative d'oxygène qu'exige leur combustion. Voici les résultats auxquels il est parvenu :

Cent volumes de gaz de houille, d'un poids spécifique de	ont consommé d'oxygène
345	78
500	166
620	194
630	196
650	274

Cent volumes de gaz d'huile, d'un poids spécifique de	ont consommé d'oxygène
464	116
590	178
753	220
906	260

Il résulte, de ces expériences, que le meilleur gaz

de l'huile équivaut, à volume égal, à trois fois et demie le gaz de houille inférieur, tandis que les meilleures qualités de l'un et de l'autre produisent des effets, dans le rapport de 26 à 21 seulement. Partant de ce principe, que le gaz oléifiant (hydrogène percarboné) est la source principale de la lumière, comme ce gaz se combine avec le chlore, le D[r] Fyfe a proposé de se servir de cette propriété pour déterminer les pouvoirs éclairans de chacun. Il faut avoir soin d'empêcher l'action de la lumière sur ce mélange.

Voici le mode d'essai proposé par ce chimiste.

On renverse d'abord un vase gradué sur une cuve d'eau, on y introduit 50 mesures de gaz, puis 50 mesures de chlore; le vase et le tube sont recouverts d'un papier, pour empêcher les explosions qui pourraient résulter; 10 ou 15 minutes après, la condensation est complète, et comme le chlore et l'hydrogène se combinent en parties égales, la diminution du mélange donne immédiatement la quantité d'hydrogène percarboné contenue dans le gaz soumis à l'expérience.

L'opinion du D[r] Fyfe est que cette expérience permet de déterminer exactement les pouvoirs éclairans relatifs. Il en a conclu que le gaz de l'huile, préparé à Édimbourg, est, au gaz de la houille, comme 31 à 17, ou, à peu près, comme 18 à 10. Le D[r] Fyfe pense, d'ailleurs, que les autres parties constituantes de ces deux gaz possèdent aussi un certain pouvoir éclairant, et qu'à moins qu'on ne détermine la proportion des autres principes de chacun, on n'aura toujours que des approximations plus ou moins exactes. Il admet, en général, que, vu ces circonstances, le gaz de la houille possède ou, du moins, peut posséder la moitié du pouvoir éclairant du gaz de l'huile. Tel est du moins le rapport trouvé pour Édimbourg, en produisant la

même intensité de lumière, et mesurant la quantité de gaz consumé.

La compagnie d'Édimbourg, pour l'éclairage au gaz de la houille, a récemment chargé le professeur Leslie, de faire des expériences sur les pouvoirs éclairans relatifs des deux gaz, dont elle a publié les résultats. Ils s'accordent assez bien avec ceux du Dr Fyfe.

Ces expériences en ont provoqué d'autres, de la compagnie pour le gaz de l'huile. MM. Turner et le professeur Christison ont été chargés d'examiner les expériences du professeur Leslie, qui, suivant eux, manquent d'exactitude, en ce qu'il a employé son photomètre à la mesure de la lumière : ils s'appuient d'ailleurs de l'opinion du Dr Brewster ; et la compagnie persiste, en attendant de nouveaux résultats, à regarder la lumière produite par le gaz de l'huile, comme égale à trois fois et demie celle d'une même quantité de gaz de houille. Le Dr Fyfe, qui n'était payé par aucune compagnie, a refait de nouvelles expériences avec grand soin, et il est toujours arrivé à ce résultat, que le pouvoir du gaz de l'huile est à celui du gaz de la houille comme 18 à 10.

DES MOYENS DE PRODUIRE PROMPTEMENT DE LA LUMIÈRE.

Le procédé le plus simple, le plus usité, et peut-être le plus commode pour se procurer du feu, est l'emploi du briquet ordinaire : nous appelons ainsi un morceau d'acier quelconque, qu'on tient d'une main, et avec lequel on frappe vivement sur un morceau de silex maintenu bien ferme dans l'autre main, et dont les bords sont tranchans. Le silex est très-dur, et comme on le maintient immobile, il enlève de petits copeaux d'acier, que le frottement échauffe jusqu'à l'incandes-

cence, et qui brûlent dans l'air; ces petits fragmens d'acier conservent assez long-temps leur température pour la communiquer aux points sur lesquels ils se portent. Il suffit donc de placer un petit morceau d'amadou sur la pierre à fusil : il reçoit les étincelles du briquet, et prend feu immédiatement; on enlève ensuite, avec le bout d'une allumette soufrée, une partie de l'amadou brûlant, qui communique le feu à l'allumette.

On fait l'amadou avec le champignon qui croît sur le tronc des vieux chênes, des aunes, du bouleau: on en coupe les parties fongueuses en tranches minces, que l'on bat avec un marteau pour les amollir; puis on fait bouillir ces tranches dans une forte lessive de salpêtre (nitrate de potasse): on le fait sécher, on le bat de nouveau, et on le remet une seconde fois dans la lessive: pour lui donner au plus haut degré la propriété de s'allumer rapidement, on peut employer une dissolution de chlorate de potasse, au lieu de lessive nitrée.

On se sert encore d'un amadou économique, qui n'est autre chose que des chiffons charbonnés, renfermés dans une boîte de fer-blanc et recouverts d'une plaque qui sert à les étouffer : les étincelles qu'on fait tomber sur cette substance, en frappant, non point la pierre avec l'acier; mais, ce qui est plus commode, l'acier (qu'on tient appuyé contre le fond de la boîte) avec la pierre; ces étincelles, disons-nous, mettent le feu aux chiffons, qui tiennent ainsi lieu d'amadou.

Les personnes qui, pendant la nuit, veulent conserver du feu, dans la saison où l'on n'en fait plus, les fumeurs, par exemple, peuvent préparer des cordes, en les faisant bouillir dans une dissolution de nitrate de potasse. Ces cordes, bien séchées, brûlent bien.

Pour éviter la fumée qu'elles donnent, on les suspend dans la cheminée, la partie allumée dirigée vers le sol.

Si l'on ne veut avoir de lumière que pour voir l'heure, au besoin, on emploiera le phosphore de Bernouilli, qui n'est autre chose que du mercure renfermé dans un tube privé d'air; en secouant un peu ce petit appareil, il produit des étincelles électriques, dont la lumière suffit pour voir l'heure à une montre placée à côté de soi.

PYROPHORE DE HOMBERG.

Les chimistes ont découvert plusieurs substances qui prennent feu par leur exposition à l'air; parmi ces substances, on peut citer le pyrophore de Homberg, comme un des premiers dont on se servit pour obtenir de la lumière. On le prépare de la manière suivante: on prend trois parties d'alun du commerce à base de potasse, et une, deux ou trois parties de sucre, ou de mélasse, ou d'amidon, ou de farine. On met le sel et la matière végétale dans une cuiller de fer; on les expose à l'action d'une chaleur douce, en les agitant continuellement, pour les mêler le mieux possible, jusqu'à ce qu'après s'être épaissis, ils se boursoufflent, et tombent en gouttelettes bien sèches. Alors on les pulvérise; on en remplit, à moitié ou aux trois quarts, une fiole recouverte de lut; on place cette fiole dans un fourneau, sur une tourte; on l'entoure peu à peu de feu; on la chauffe de manière à la faire rougir légèrement, et on la maintient à cette température jusqu'à ce qu'une flamme qui apparaît au col de la fiole commence à disparaître, ou ne se montre plus que par intervalle. Lorsque ce signe se manifeste, on enlève la fiole de dessus le feu; on la bouche avec un bouchon de liége préparé, et on la laisse refroidir.

On peut conserver ce pyrophore dans cette fiole, ou dans un autre vase, mais en ayant soin, lorsqu'on l'y verse, de le préserver du contact de l'air. On l'éprouve en le mettant, par petite portion, en contact avec l'air, sur du papier; il sera bien fait s'il prend feu tout de suite, ou dans l'espace de quelques secondes; mais on devra regarder l'opération comme manquée, s'il ne fait que s'échauffer, ou s'il prend feu difficilement.

En projetant quelques parcelles de ce composé sur une substance inflammable bien sèche, telle que du coton, de l'amadou, on aura du feu immédiatement.

Il paraît, d'après une expérience de M. Descostils, qu'en calcinant le sulfate de potasse avec le noir de fumée, il est possible d'obtenir une matière qui s'enflamme rapidement par le contact de l'air et de l'eau.

La théorie du pyrophore de Homberg a beaucoup occupé les chimistes; on n'explique même pas encore parfaitement son action.

BRIQUET PNEUMATIQUE.

Le briquet pneumatique consiste en un cylindre de laiton ouvert à un bout et fermé à l'autre, dans lequel on fait glisser un piston qui en joint exactement les parois. L'extrémité du piston est creusée d'une petite cellule où l'on met un peu d'amadou. On pousse rapidement ce piston vers le fond bouché du tube, et on le retire aussitôt; on trouve alors que l'amadou a pris feu par l'effet de la compression de l'air; mais ceci est plutôt un joujou scientifique, qu'un instrument véritablement utile.

BRIQUETS PHOSPHORIQUES.

La propriété qu'a le phosphore de prendre feu à

l'air, l'a fait rechercher pour l'objet dont nous nous occupons.

La préparation la plus simple des briquets phosphoriques, est la suivante : prenez dix-huit à vingt grains de phosphore, introduisez-les dans un tube d'eau d'un demi-pouce de diamètre, et d'une longueur suffisante pour pouvoir être tenu commodément dans la main. On remplit l'extrémité inférieure de ce tube avec une substance quelconque qu'on comprime sous un morceau de liége. On laisse un espace d'un demi-pouce environ pour le phosphore et le bouchon. Le phosphore doit être coupé en petits morceaux avant d'être placé dans le tube, qu'on ferme immédiatement avec un bouchon de liége. On échauffe ensuite avec précaution et à la lampe la partie du tube qui renferme le phosphore; bientôt celui-ci fond; on le laisse se refroidir en prenant la forme du tube, et le briquet est terminé.

La manière de s'en servir n'est pas moins simple. On introduit dans le tube une allumette soufrée en appuyant légèrement avec un mouvement de torsion sur le phosphore, dont on détache ainsi quelques parcelles; si l'allumette ne prend point feu, on en frottera l'extrémité sur le bouchon de liége; le faible dégagement de chaleur qui se produit suffit pour faire prendre feu au phosphore et le communiquer au soufre. Cent allumettes consument environ un grain et un quart de phosphore.

Ces briquets sont moins dangereux que ceux qui prennent feu par le simple contact de l'air, et avec une rapidité qui a quelque chose d'effrayant.

Quelques personnes mêlent le phosphore avec la moitié de son poids de chaux avant de l'introduire dans la bouteille, puis l'échauffent à une chaleur

douce. Nous ne pouvons recommander cette méthode.

Il vaut mieux ajouter au phosphore le quart de son poids de cire blanche, placer le tout avec un peu d'eau dans une bouteille bien bouchée, qu'on chauffe ensuite au bain-marie. On laisse la bouteille dans ce bain jusqu'à ce qu'il soit parfaitement refroidi et que le phosphore délayé commence à reprendre l'état solide, alors on imprime à la bouteille, toujours sous l'eau, un mouvement de rotation qui fait adhérer le mélange aux parois. Enfin on la retire de l'eau et on la laisse sécher dans un endroit frais et bien aéré pendant quelques jours.

Ni l'une ni l'autre de ces méthodes ne valent la première que nous avons décrite.

BRIQUETS DITS OXIGÉNÉS.

La propriété que possède le chlorate de potasse, mêlé au soufre, de prendre feu par une addition d'acide sulfurique concentré, a donné naissance aux briquets dits oxygénés.

Les allumettes dont on se sert se préparent de la manière suivante : on fait un mélange d'une partie de soufre et de trois parties de chlorate de potasse légèrement gommé. Ces deux substances doivent être broyées à part, précaution nécessaire pour éviter le danger d'une explosion qui pourrait résulter de la chaleur produite par le frottement. On lave la fleur de soufre, puis on mélange ensuite les deux poudres sur le papier avec une carte, et sans produire aucun frottement ni percussion. On incorpore dans le mélange un peu de mucilage de gomme adragante pour lui donner de la consistance, et on en met en aussi petite quantité que possible. On y ajoute un peu de lycopode ou d'essence de térébenthine ou d'esprit-de-

vin camphré, et l'on colore en rouge avec du cinabre, ou en bleu avec de l'indigo. Cette addition ne devant point dépasser le huitième du poids total, les allumettes doivent être minces; on emploie de préférence le sapin; on les fait sécher au four; elles sont plus soufrées que les allumettes ordinaires, mais par un bout seulement. C'est ce bout que l'on imprègne avec le mélange dont nous venons de décrire la préparation. Pour les laisser sécher on les pique par le bout non imprégné dans du petit sablon, ou du grès en poudre dont on remplit un plat. Un flacon qui contient l'acide sulfurique, dans lequel on trempe l'allumette, complète ce briquet, dont l'usage est fort répandu. Le flacon, avant d'être rempli d'acide, doit être garni d'amianthe, parce que cette substance se laisse imbiber sans toutefois se laisser attaquer par l'acide, et elle empêche ainsi la liqueur de se répandre, ce qui pourrait avoir les plus graves inconvéniens.

LAMPE DE DOBEREINER.

Cet appareil est fondé sur la propriété découverte par le professeur Dobereiner, et dont jouit le platine spongieux d'acquérir la température rouge lorsqu'on dirige contre lui un courant de gaz hydrogène.

La figure 100 représente cet appareil. *a b* sont deux vases sphériques en verre. Le vase supérieur *a* est muni d'un col qui entre dans le vase inférieur *b*, et dont l'orifice inférieur en touche presque le fond. Cette partie est entourée d'une feuille de zinc. *c* est le col du vase inférieur; il reçoit un tube de laiton *d* portant un robinet et un petit tuyau conique, qui dirige le courant de gaz hydrogène sur le platine divisé contenu dans la boîte de cuivre *e*, maintenue elle-même par un fil de fer glissant à frottement dans un

collet placé à l'extrémité du tube *d*. Voilà comment on se sert de cet appareil : on enlève le vase *a*, on fixe la feuille de zinc autour du tube, et l'on verse dans le vase *b* assez d'acide sulfurique étendu pour le remplir jusqu'à la moitié.

La proportion est de six parties d'eau et une d'acide à peu près. On replace alors le vase *a* sur le ballon *b*; aussitôt que le zinc plonge dans l'acide, il est attaqué, l'eau se décompose, et l'hydrogène qu'elle contient se dégage en une multitude de petites bulles qui s'élèvent dans la liqueur, et crèvent à sa surface. Ne pouvant s'échapper par le haut du ballon *b*, qui est hermétiquement fermé, il presse sur le liquide et le force à s'élever dans le vase supérieur *a*. Dès que la surface du liquide inférieur est arrivée au-dessous du morceau de zinc, le métal ne plongeant plus, l'action cesse, c'est-à-dire qu'il ne se produit plus d'hydrogène. Lorsqu'on veut avoir de la lumière, on n'a rien autre chose à faire que de tourner le robinet *d* : le gaz va frapper la masse spongieuse de platine contenue dans la boîte *e*, qui s'échauffe jusqu'à l'incandescence ; il suffit alors d'en approcher une allumette. *f* est un bouchon de verre qui clôt mal et laisse échapper l'air contenu dans *a*, à mesure que le niveau du liquide s'élève dans cette partie.

Cet appareil, comme le briquet pneumatique, peut être rangé parmi les joujous scientifiques. C'est l'ornement indispensable de la bibliothèque de l'amateur. Il figure encore assez bien sur le bureau des professeurs.

On doit au D[r] Fyfe un appareil à peu près semblable, mais un peu plus simple.

La lampe hydropneumatique, représentée fig. 101, est un tube de verre recourbé *a b c*, dont le diamètre

intérieur a près d'un pouce. Il est ouvert des deux côtés et repose sur un pied en bois *b*. La longue branche *a* a huit pouces de long, et la branche courte *c* cinq pouces seulement; à l'orifice *o* est un autre tube de verre, portant un robinet de laiton *d;* en *e* est une virole de cuivre glissant sur le tube, et d'où part la branche qui supporte le platine spongieux *f*.

Comme le platine perd son action par une longue exposition à l'air, ou qu'il exige une plus grande quantité d'hydrogène pour produire le même effet, on le recouvre par le petit cylindre *k* ouvert par un bout et qui s'adapte bien juste en *e*.

Lorsqu'on veut se servir de cette lampe, on introduit un morceau de zinc dans la branche courte, où il reste maintenu en *g* à un pouce environ du coude par un petit fragment de tube de verre *h* jeté dans la même branche. On verse alors l'eau et l'acide sulfurique dans les mêmes proportions que pour la lampe de Dobereiner, de manière à remplir le tube jusqu'en *i*, puis on introduit le bouchon et le robinet. L'action de l'acide sur le métal dégage bientôt de l'hydrogène qui remplit la courte branche et pressant sur le liquide, l'élève dans la branche longue en l'éloignant du zinc; le gaz cesse alors de se produire; et il en existe toujours dans l'instrument une petite quantité soumise à la pression de six à sept pouces du liquide. Lorsqu'on ouvre le robinet, le gaz va frapper le platine, le liquide s'élève dans la branche courte, et le zinc se trouve de nouveau soumis à l'action de l'acide et reproduit les mêmes effets. La distance du platine dépend de l'ouverture du robinet *d;* mais comme la virole *e* est mobile, on peut l'ajuster à la hauteur convenable.

L'appareil que nous venons de décrire ne contient guère qu'un pouce cube de gaz, ce qui est suffisant pour se procurer de la lumière. Une aussi petite quantité de gaz ne porte point, il est vrai, le platine à une température assez élevée pour enflammer l'hydrogène. Mais cette température est suffisante cependant pour enflammer une allumette soufrée ou chloratée; la seule attention qu'exige l'usage de ce petit instrument, est de laisser brûler pendant quelques secondes l'allumette soufrée, afin que les parcelles de soufre qui pourraient s'attacher au platine se consument en entier et ne gênent point l'action de l'hydrogène pour une autre fois.

On pourrait très-certainement améliorer ce petit appareil; mais on le priverait peut-être d'une de ses grandes qualités, le bas prix auquel on le vend.

DES EFFETS CHIMIQUES DE LA LUMIÈRE.

C'est un fait généralement connu que la lumière diffuse, et que celle plus puissante produite par les rayons du soleil, produit des effets chimiques qu'on croit indépendans de la chaleur qu'ils produisent.

On sait assez que le chlorure d'argent exposé à la lumière du soleil ou d'un charbon fortement électrisé, surtout quand il est dans un état de grande division, se colore presque sur-le-champ, et devient violet et même noir. Cet effet n'a point lieu avec la lumière du gaz de la houille, ni à la lumière plus brillante du gaz de l'huile, même assez concentrée pour produire une chaleur sensible, ni à la lumière des rayons de la lune rassemblés par un miroir ardent.

Le chlore et l'hydrogène, mêlés dans un vase opaque, se combinent lentement; à la lumière diffuse,

la combinaison est rapide; et à la lumière solaire, le mélange donne lieu à une explosion.

Il est une infinité d'autres substances dont la couleur s'altère à la lumière; on peut citer parmi elles le protochlorure de mercure, l'oxide de plomb (brun), le deutoxide de mercure, la poudre de gomme du Gayac et la plupart des couleurs vertes végétales. Si donc l'on désire éviter ces effets de la lumière, on devra renfermer ces substances dans des vases opaques, ou tout au moins recouvrir de papier les vases de verre qui les contiennent.

Le Dr John Elliot, homme dont le génie spéculatif avait devancé son siècle à un tel point qu'il s'était acquis la réputation d'un insensé, avait observé les effets de la lumière sur la condensation des vapeurs. Il avait remarqué que la vapeur du camphre, renfermé dans des bouteilles, se fixait toujours du côté de la lumière, et qu'en tournant la bouteille on pouvait ainsi condenser les vapeurs sur tous les points des parois circulaires. De même, les vapeurs des liquides se condensent du côté de la lumière, et cet effet est très-frappant dans l'appareil inventé par Nooth pour imprégner l'eau d'acide carbonique. Le Dr Elliot expliquait ces faits en supposant que la lumière perdait une partie de sa chaleur en passant d'un milieu rare dans un milieu plus dense, et qu'elle en absorbait au contraire en passant d'un milieu dense dans un milieu plus rare.

En faisant cristalliser des sels sur une très-grande échelle, les manufacturiers ont remarqué que les plus beaux cristaux se trouvent toujours du côté de la plus grande lumière, et que pour quelques sels on peut, en ombrageant le vaisseau en partie, retrouver par les cristaux formés, les limites de la lumière.

Enfin, qui n'a point eu l'occasion de remarquer qu'après avoir passé la nuit, le point du jour, soit en plein air, soit dans une chambre éclairée, causait une sensation de froid extrêmement sensible.

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LES PLANTES RENFERMÉES DANS LES SERRES.

Les effets de la lumière sur les plantes sont extrêmement remarquables. Privées de son influence, elles perdent leur couleur verte, leur texture ferme, blanchissent et se remplissent d'eau; on dit alors qu'elles s'étiolent, depuis qu'une faute d'impression dans un ouvrage de réputation a remplacé le mot *s'étoiler* par celui *s'étioler*. Par s'étoiler, on entendait que les plantes ne recevaient que la lumière des étoiles, et non celle du soleil; mais de même que le *laplysia* pour *aplysia* de Linnée, l'usage a consacré cette expression. Partant de ce principe, que les plantes renfermées dans les serres ne réussissent qu'autant qu'elles sont exposées à l'influence directe de la lumière, les jardiniers ont fait tous leurs efforts pour faire passer une aussi grande quantité que possible de rayons solaires à travers le vitrage de leurs serres. Or, la théorie de la transmission de la lumière dérive de la loi bien connue que l'influence des rayons solaires sur une surface donnée, tant sous le rapport de la lumière que sous celui de la chaleur, est comme le sinus de la hauteur du soleil, ou, en d'autres termes, d'autant plus grande qu'il s'approche plus de la perpendiculaire à la surface. Si la surface est transparente, le nombre de rayons qui la traverse dépend de la même loi. On peut donc ici employer la table donnée par Bouguer.

Ce savant avait trouvé que de 1000 rayons incidens, 960 étaient réfléchis, si la surface était perpendicu-

laire, ou la traversaient, si elle était transparente. On a donc :

L'incidence étant	Le nombre de rayons qu traversent est
90°	960 sur 1000
87 30'	584
85	543
82 30'	474
82	412
77 30'	356
70	222
65	157
60	112
50	57
40	34
30	27
20	25
10	25
1	25

Ainsi, de 1000 rayons tombant perpendiculairement sur une surface de très-bon crown-glass, le tout moins un quarantième environ la traversera. Cette perte est due aux défauts inévitables du plus beau cristal; si ces rayons ne tombent que sous un angle de 75 degrés, le verre n'en laissera passer qu'environ 299.

Les avantages dus à l'influence du soleil sur les toits des serres dépend entièrement de ce principe. Boerhaave avait recommandé que le vitrage fût établi perpendiculairement aux rayons solaires pour le jour le plus court de l'année, cette époque étant celle où les plantes ont le plus besoin de chaleur et de lumière. Au surplus, voici comment on pourra déterminer l'inclinaison d'un vitrage, qui doit recevoir perpendicu-

lairement à midi les rayons du soleil dans un lieu donné, et pour une époque donnée. Prenez dans un almanach (l'Annuaire du bureau des longitudes, par exemple), la déclinaison du soleil pour le temps donné; retranchez-la de la latitude du lieu, si la déclinaison est boréale; ajoutez-la à cette latitude, si elle est australe; la différence dans le premier cas, et la somme dans le second, donneront l'angle que le vitrage doit faire avec l'horizon. Ainsi, la latitude du lieu étant L, la déclinaison boréale b et la déclinaison australe a, l'angle que le vitrage doit faire avec l'horizon I, on a :

$$I = L - b,$$

ou

$$I = L + a.$$

Miller recommande la combinaison d'un vitrage vertical et d'un vitrage incliné. Le premier, placé de manière à rencontrer les rayons solaires à angle droit pendant l'hiver, et le second à 45 degrés pendant l'été, afin de les laisser passer plus facilement au printemps et en automne.

Williamson a adopté l'angle de 45 degrés dans toutes les serres, et les jardiniers ne suivent guère d'autres règles.

M. Knight a adopté une nouvelle méthode, qui consiste à donner au toit une pente telle, qu'il soit perpendiculaire aux rayons solaires dans la saison où le fruit contenu dans la serre doit mûrir. Dans un des exemples qu'il cite, il s'était proposé plutôt d'obtenir une récolte abondante de raisin de très-bonne qualité, que des primeurs. Il avait trouvé que pour le raisin, au mois de juillet, et en prenant la latitude moyenne de l'Angleterre, les rayons du soleil tombaient convenablement sur la surface du vitrage, en donnant à celui-ci

une inclinaison de 34 degrés avec l'horizon. Pour les pêches, le toit devait former vers la mi-juin un angle de 28 degrés avec l'horizon. Cette méthode lui réussit parfaitement, et il obtint une grande quantité de fruits excellens, de l'une et de l'autre sorte.

VITRAGE DES ÉCOLES ET DES ATELIERS.

Le corps humain n'est pas moins affecté par la lumière que les plantes; privé des rayons du soleil, il devient faible et flasque. On doit donc avoir l'attention de donner, aux fenêtres des chambres habitées, des dimensions suffisantes pour admettre une grande quantité de lumière. Il y aurait, ce nous semble, un grand avantage à imiter les Chinois dans la construction ou la réparation de nos villes, et à donner aux rues une direction de l'est à l'ouest, les maisons étant placées au nord, la façade tournée vers le sud. Les Chinois ont adopté ce mode de construction partout où les localités l'ont permis; leurs maisons basses ont un avantage de plus en ce qu'elles ne privent point de la lumière et de la chaleur du soleil celles qui sont situées plus au nord.

Dans tous les cas, il est extrêmement important de procurer la plus grande quantité de lumière possible aux ateliers ou autres lieux destinés à réunir un grand nombre de personnes, et surtout d'enfans, afin de ne point arrêter la croissance de ces derniers.

On peut considérablement diminuer la gêne que causent les rayons du soleil, sans toutefois intercepter par trop la lumière, en frottant les carreaux avec du suif qu'on peut ensuite enlever à volonté, en les nettoyant avec du blanc d'Espagne; nous croyons que, dans beaucoup de cas, le suif est préférable à l'empois bouilli

qu'on emploie ordinairement en l'appliquant sur le verre, ou l'émeri qui sert à le dépolir.

DE L'ÉLECTRICITÉ.

La théorie de l'électricité n'appartient point à la chimie, elle rentre dans le domaine de la physique; on ne doit donc la considérer, dans un ouvrage de chimie, que sous le rapport de son influence sur la composition et la décomposition des corps; mais elle est de si peu d'importance aujourd'hui dans la chimie pratique, que notre tâche se réduit presque à la simple description des instrumens qui peuvent être de quelque utilité aux chimistes praticiens.

MACHINE ÉLECTRIQUE COMMUNE.

On développe le plus souvent l'électricité dans les corps par le frottement; une multitude de machines sont fondées sur cette propriété. Nous nous bornerons à en décrire deux bien suffisantes pour les usages auxquels nous pouvons les employer, qu'on peut d'ailleurs construire ou faire construire à peu de frais, dont la puissance est assez grande, et qui sont moins sujettes aux accidens.

La figure 102 représente une machine électrique de ce genre. Elle est formée d'un cylindre de verre qui tourne sur son axe au moyen d'une manivelle *a*: *b* est ce cylindre de verre soutenu sur deux pieds *e f* de verre aussi, ou de bois bien sec. Ces piliers sont maintenus sur le plateau *g h*, qu'on fixe lui-même sur une table, au moyen de deux pattes à vis et semblables à *x*; *m* est un frottoir maintenu par un pilier *n*, attenant lui-même au plateau *g h*; au moyen de la vis *s*, on

peut rapprocher le frottoir de manière à le faire s'appliquer parfaitement contre le cylindre. *c d* est un conducteur placé sur un pied isolant, qui s'électrise par l'effet des pointes métalliques *p*.

On attache au conducteur *c d* un petit appareil appelé, en Angleterre, électromètre déchargeant de Lane. *i* est une pièce de cuivre fixée dans un trou fait dans le conducteur. Cette pièce de cuivre supporte une tige courbée de verre *k l*, terminée elle-même par une petite sphère de cuivre; cette petite sphère est, comme on le voit, traversée par une tige *q q*, portant à chaque extrémité un bouton *q* de même métal. La distance de la balle la plus proche *q* du conducteur *c d*, règle la force de l'étincelle. S'il devient nécessaire d'accroître la force de l'électricité, on suspend une bouteille électrique *t* à l'extrémité du conducteur, et on la fait communiquer avec le sol au moyen de la chaîne *y*.

Le frottoir de cette machine, qui n'est autre chose que du cuir rembourré de crin, reçoit en outre un amalgame de zinc qui n'adhère que mieux lorsqu'on y ajoute un peu de suif. Cet amalgame peut encore se composer de mercure, d'étain et de zinc, triturés ensemble à chaud; l'étain et le zinc à l'état de fusion sont alliés au mercure amené à une température un peu au-dessous de 212 degrés : deux parties d'étain, quatre de zinc et sept de mercure, paraissent être les proportions les plus favorables. On agite vivement le tout dans une boîte de bois, et quand l'alliage est refroidi, on le pile dans un mortier pour le réduire en poudre; on étend ensuite cette poudre sur le cuir.

MACHINE ÉLECTRIQUE DE HAMELL.

Frappé de la fragilité du verre, le Dr Hamell inventa la machine que nous allons décrire, où, d'après Lichten-

berg, il a remplacé cette substance par le taffetas gommé.

La figure 103 est une section du cylindre dont *a* est l'axe; ce cylindre est recouvert d'un taffetas gommé, au lieu du drap qu'employait Lichtenberg. Un des bords de la pièce de taffetas est fixé par des cordons de soie dans deux échancrures faites à la circonférence du plateau *b*. L'autre bord, doublé de cuir, est percé d'un grand nombre de petits trous, traversés par des cordons de soie, qui viennent s'attacher à des chevilles placées sur la face extérieure du plateau, tels qu'on les voit dans la figure 104; le cylindre est supporté par deux montans, et frotte dans le sens du poil contre une peau de chat, tendue par trois cordons de soie *hhh*, et dont l'autre extrémité est en *g*; cette peau de chat ne fait que reposer sur le cylindre; mais l'attraction, produite par l'électricité que développe la rotation du cylindre, suffit pour la faire adhérer au taffetas gommé. Il est à peine besoin de dire que c'est le côté fourré de la peau qui s'applique contre le taffetas; on en recouvre l'autre partie avec de la soie. Le conducteur *m* ne se charge que par l'effet d'une seule pointe. Comme la peau de chat doit toujours être parfaitement sèche, on fera bien d'en avoir une de rechange, qu'on fera sécher au feu pendant qu'on fera usage de la première. Le Dr Hamell a remarqué que ces machines agissaient bien plus puissamment pendant un temps bien sec d'hiver, lorsque la température extérieure était de 30 degrés au-dessous du point de congélation de Fahrenheit, que pendant tout autre temps, quelle que fût d'ailleurs la température de la chambre où la machine était placée.

Telles sont les machines électriques proprement dites, que nous nous bornerons à décrire, par les mo-

tifs exposés ci-dessus, et parce qu'elles suffisent en effet pour opérer la combinaison de deux fluides aériformes : celle de l'azote et de l'oxigène, par exemple, pour former l'acide nitrique.

ÉLECTROPHORE DE VOLTA.

L'usage le plus général de l'électricité en chimie est de faire détonner les mélanges d'hydrogène, ou de ses composés gazeux avec l'oxigène ou l'air atmosphérique, pour déterminer, par exemple, la valeur relative des gaz pour l'éclairage. Rien de plus commode alors que l'électrophore de Volta. Cet instrument bien construit peut même remplacer souvent une machine électrique.

La figure 105 représente cet appareil bien simple. *a* est un plateau circulaire de cuivre ou de bois, revêtu d'étain; il porte un manche isolant *d* de verre ou de résine. Le bord de ce plateau doit avoir une certaine épaisseur et être bien arrondi. La partie inférieure de l'électrophore est un autre plateau métallique *c*, supportant un gâteau résineux *b*. Ce gâteau résineux est formé de parties égales de gomme laque, de résine et de térébenthine, dite de Venise, qu'on mêle ensemble à une douce chaleur, et qu'on laisse refroidir ensuite, après lui avoir donné la forme convenable. Il est important que la surface de ce gâteau soit parfaitement unie et plane. Voilà donc trois parties distinctes à l'électrophore, que nous distinguons par *a b c*. *a* est le conducteur supérieur, *b* le gâteau de résine, et *c* le conducteur inférieur.

Le gâteau de résine étant placé sur le conducteur inférieur, frottez-le avec un morceau de flanelle ou de fourrure; ou, ce qui vaut mieux encore, fouettez-le avec une queue de renard, ou un morceau de peau de chat; placez ensuite le conducteur supérieur *a* sur le

gâteau de résine *b*, par son manche isolant, et en tirez une étincelle : c'est son électricité résineuse ou négative qui s'écoule dans le sol ; relevez le plateau, vous le trouverez fortement chargé d'électricité vitrée, ou positive. On peut répéter l'expérience plusieurs centaines de fois de suite, sans qu'il soit nécessaire de donner au gâteau une nouvelle charge avec la peau de chat. Voici comment on explique ce fait : l'électricité de la résine agissant par influence sur les électricités naturelles du plateau, à travers la mince couche d'air qui l'en sépare, y produit une grande décomposition, et l'électricité vitrée qu'elle attire, ne peut venir la neutraliser, parce qu'elle ne peut s'accumuler sur un point pour vaincre la résistance de l'air.

L'on fixe souvent sur le bord du plateau supérieur un fil métallique de deux pouces de longueur, recourbé en dehors, et portant à son extrémité supérieure une boule de métal bien polie. Cette disposition est très-commode pour enflammer les mélanges explosifs, dans l'eudiomètre, comme nous le verrons bientôt.

Toutes les étincelles qui partent du disque, lorsqu'il est posé sur ce plateau de résine, sont négatives ; celles qui se produisent, lorsqu'il est hors de l'influence du gâteau, sont positives.

D'après M. Singer, vingt étincelles tirées du conducteur supérieur suffisent pour charger une bouteille de Leyde d'une grandeur modérée.

EUDIOMÈTRE DE VOLTA.

On se sert d'un tube détonnant pour enflammer les gaz.

La figure 106 représente ce tube, qui est gradué, fermé à sa partie supérieure, et dont l'épaisseur doit être assez forte pour résister à l'explosion ; il est percé

de deux trous opposés l'un à l'autre, qui reçoivent deux fils de platine, dont les extrémités doivent se trouver, dans le tube, à peu de distance l'une de l'autre. En général, on commence par remplir l'eudiomètre de liquide, au milieu duquel on opère; puis on le renverse dans ce liquide : on y fait passer, à l'aide d'une petite mesure et d'un entonnoir, le gaz que l'on soumet à l'expérience; puis on approche de la boule extérieure, soit le crochet d'une bouteille de Leyde chargée d'électricité, soit le plateau supérieur d'un électrophore électrisé, à la distance exigée pour l'explosion; l'étincelle passe dans l'intérieur du tube et enflamme le mélange.

Quand l'électrophore est en bon état, les étincelles que l'on tire, après avoir levé le disque, sont suffisantes pour enflammer la plupart des mélanges détonnants sur lesquels on opère. La détonation a lieu, dans les eudiomètres, en substituant le bouton du disque de l'électrophore au conducteur de la machine électrique. Si l'on a besoin d'une plus forte étincelle, on charge avec cet instrument une bouteille de Leyde, soit d'électricité positive, soit d'électricité négative. Dans le premier cas, il suffit de mettre le bouton du disque en contact avec celui de la bouteille, immédiatement après que le premier a été séparé du gâteau de résine, lorsqu'on aura fait passer trente ou quarante étincelles, la bouteille sera chargée positivement, et chaque fois qu'on reposera le disque sur le gâteau, il reprendra l'électricité négative. Il est bien entendu que, pour obtenir de fortes étincelles positives, il est nécessaire de toucher le disque, lorsqu'il est sur le gâteau de résine, avec le doigt, ou avec tout autre corps conducteur, que l'on retire avant d'enlever l'instrument; et que, pour obtenir les plus fortes étincelles négatives, il faut que le disque, lorsqu'il est levé, soit toujours déchargé de toute son

électricité contre la main, ou tout autre conducteur convenable, avant d'être placé sur le gâteau. Il doit toujours être parfaitement isolé; et, comme l'humidité adhère facilement à la surface du verre et le rend conducteur de l'électricité, il est bon de vernir le tube qui sert de poignée avec de la cire à cacheter dissoute dans l'esprit-de-vin, ou même de prendre pour poignée un bâton de cire à cacheter, ou toute autre matière résineuse.

Il arrive souvent qu'en dépit de l'ouverture inférieure de l'eudiomètre, de son poids et de sa force, il se brise par le choc, ou que même maintenu dans le liquide, il le refoule, et que le gaz s'échappe.

TUBE DÉTONNANT, OU EUDIOMÈTRE DE URE.

Le Dr Ure a donné, dans les *Transactions d'Édimbourg*, de 1818, la description d'un eudiomètre perfectionné, aussi simple que celui que nous venons de décrire, mais qui exige une certaine dextérité dans l'opérateur.

Cet instrument est un tube de verre recourbé, qui a à peu près la forme d'un U, dont le diamètre intérieur est de deux dixièmes à quatre dixièmes de pouce; ses deux branches sont à peu près de même longueur, c'est-à-dire de six à neuf pouces : l'une des extrémités est ouverte en forme d'entonnoir; l'autre, qui est fermée, est traversée par deux fils de platine. Les deux branches de cette espèce de siphon sont à un quart de pouce ou un demi-pouce l'une de l'autre; la branche fermée est graduée, et l'autre l'est quelquefois aussi.

Pour se servir de cet appareil, on l'emplit d'abord de mercure, opération qu'un peu de pratique rend très-facile. Alors on introduit dans la branche ouverte,

plongée dans une cuve à mercure, la quantité convenable de gaz, au moyen d'une mesure de verre, où ils ont été préalablement mêlés en proportions déterminées. On applique alors le doigt à l'orifice de la branche ouverte, puis on retire l'instrument de la cuve, et avec un peu d'adresse on parvient à faire passer le gaz dans la branche fermée. Cela fait, on ôte le doigt, et l'on établit le niveau du mercure dans les deux branches, soit en ajoutant un peu, soit en déplaçant une portion, au moyen d'une petite tige de bois qu'on y plonge.

On replace alors le premier doigt sur l'orifice, et de manière à ce qu'il touche en même temps l'extrémité du fil de platine, et l'on approche l'autre fil d'un appareil électrique, et l'étincelle part. Même lorsque les gaz renfermés sont en quantité assez forte, ou d'une puissance explosive très-grande, l'opérateur ne sent qu'une légère pression au bout du doigt. Après l'explosion, quand la condensation a eu lieu, le doigt se trouve pressé en sens contraire par l'atmosphère. On ne l'éloigne alors que doucement; c'est-à-dire que l'air ne doit venir que graduellement presser la surface du mercure; la colonne mercurielle, après quelques oscillations, se pose, et le mercure se trouve plus ou moins élevé dans une des branches que dans l'autre; on en enlève un peu, jusqu'à ce que les surfaces supérieures se trouvent de niveau dans les deux branches, et l'on voit immédiatement le volume du résultat.

Comme on laisse toujours deux ou trois pouces d'air entre le doigt et le mercure, cette colonne fait ressort, et permet ainsi à l'opérateur de faire éclater sans danger, dans cet appareil, des quantités assez considérables de gaz.

Au moyen de cet instrument, le Dr Ure a fait détonner sans inconvénient un demi-pouce cubé d'hy-

drogène avec un quart de pouce cube d'oxigène, et à peu de chose près, un même volume de mélange explosif contenant de l'hydrogène carboné.

DES PARATONNERRES.

Les épouvantables effets de la foudre ont de bonne heure appelé l'attention des hommes sur les moyens de s'en préserver.

On avait reconnu, dans les temps les plus anciens, quelques rapports entre les métaux, les pointes et l'électricité atmosphérique.

Hérodote, le père de l'histoire, nous apprend que les peuples de la Thrace désarmaient les cieux de leur tonnerre, en projetant dans l'air une grande quantité de flèches, et que les peuples du nord de la Germanie lançaient dans les nuées des dards armés de pointes de fer.

Les prêtres étrusques tirèrent parti de la conductibilité des métaux pour l'électricité ; en plaçant de grandes piques pointues sur des lieux très-élevés, ils parvinrent à rendre sensibles quelques phénomènes électriques, qui appuyaient leurs prédictions ; il paraît même qu'un des premiers rois de Rome devint victime de ces expériences pour ne s'être pas reculé à temps. Quelques historiens ont pensé que la disparition subite de Romulus ne fut due qu'à un accident de ce genre, et que son corps avait été dispersé par la force du choc. Enfin, c'est à des pratiques semblables qu'on a attribué les apparences du mont Sinaï, ainsi que la disparition subite de Moïse.

Ces connaissances, fort imparfaites, ne furent cependant point perdues pendant les convulsions qui agitèrent et détruisirent l'empire romain.

Imperati, dans une lettre datée de 1602, rapporte

qu'une barre de fer qu'on voyait s'élever verticalement sur un des bastions du château de Duino, sur les bords de la mer Adriatique, avait été placée là de temps immémorial, et que la sentinelle de service était chargée, dans les temps d'orage, de présenter sa pique à cette barre : si elle donnait des étincelles, ou lorsqu'une aigrette de feu paraissait à sa pointe, la sentinelle sonnait une cloche qui donnait l'alarme aux pêcheurs.

Le Dr Franklin, cependant, est, dans les temps modernes, le premier qui ait cherché à garantir les bâtimens de la foudre, au moyen de barres métalliques. Il proposa d'élever et d'attacher isolément sur un bâtiment, une verge de fer ronde, d'environ un pouce de diamètre, et terminée par une pointe très-déliée, qu'on aurait soin de dorer pour la garantir de la rouille. Il faut que cette verge soit assez longue pour s'élever plus haut que toutes les parties du bâtiment. On lui donne quinze à dix-huit pieds. Il est bon de la faire ronde, afin qu'il ne se trouve d'autre partie anguleuse que la pointe qui la termine. Puis, afin d'établir une communication avec le sol, on adapte à cette verge, par le moyen d'un anneau, une autre verge, pareillement ronde, qu'on étend sur le toit du bâtiment, en la faisant déborder ce toit de deux à trois pieds, et qu'on fait ensuite descendre verticalement jusqu'à la terre, de manière qu'elle s'y enfonce à une profondeur suffisante pour joindre la terre humide.

Afin de préserver le pied du paratonnerre de la rouille, on le fait passer dans un auget rempli de charbon de bois. Cet auget est formé par des briques. L'expérience a prouvé que du fer, ainsi entouré de braise, n'éprouve aucune altération dans l'espace de trente années. Le charbon de bois, fortement calciné, a encore un autre avantage, c'est qu'il est bon con-

ducteur de l'électricité. Le conducteur, à sa sortie de l'auget, perce le mur du puits dans lequel il doit descendre. Son extrémité est terminée par deux ou trois racines, pour faciliter l'écoulement de l'électricité.

Si l'édifice renferme des pièces métalliques un peu considérables, comme des lames de plomb qui recouvrent le faîtage et les arrêtes des toits, des gouttières, il est bon de les faire communiquer au paratonnerre. L'expérience semble indiquer qu'une tige de paratonnerre protége efficacement contre la foudre un espace circulaire d'un rayon double de sa longueur. D'après cela, un édifice de quarante pieds n'exigerait qu'une tige de dix pieds.

GALVANISME.

L'ANNÉE 1789 donna naissance à une nouvelle branche de l'électricité, qui reçut le nom de *galvanisme*. Galvani, professeur d'anatomie à Bologne, faisait des recherches sur l'irritation nerveuse; il vit un jour une grenouille suspendue, par la moelle épinière, à un crochet en cuivre, éprouver des convulsions quand les muscles touchaient un autre métal posé sur le cuivre. Cette expérience fut variée d'une infinité de manière, et produisit une foule de recherches curieuses, et surtout d'instrumens d'un pouvoir extraordinaire. Bien que cette partie de la science appartienne plutôt à la physique qu'à la chimie, bien que ses applications aux arts pratiques soient aujourd'hui à peu près nulles, nous ne pouvons nous dispenser de faire connaître, au moins, les appareils puissans qui lui doivent leur origine.

PILE DE VOLTA.

L'abbé Volta adoptant cette idée, que les convul-

sions de la grenouille n'étaient dues qu'à l'électricité développée par le contact de deux corps hétérogènes, construisit l'instrument que nous allons décrire, et dont la puissance est, pour ainsi dire, indéfinie. Ce qui rend cet instrument précieux pour le chimiste expérimentateur, c'est que l'électricité dont il est pourvu, vitrée ou positive d'un côté, résineuse ou négative de l'autre, se reproduisant perpétuellement aussitôt qu'on a laissé écouler les fluides l'un vers l'autre, forme une sorte de courant électrique, qui donne lieu à des phénomènes d'une nature particulière, tels que des étincelles, des fusions de métaux et des décompositions de corps qui résistent aux autres agens chimiques.

La figure 107 représente la pile galvanique de Volta, telle qu'elle fut originairement construite. C'est celle qui porte le nom de pile à colonne. La pile se construit avec trois corps différens : deux sont métalliques et bons électromoteurs, et le troisième est métallique, bon conducteur, et très-faiblement électromoteur. Les métaux qu'on emploie avec le plus d'avantage sont le zinc et le cuivre ; le premier forme les élémens positifs de la pile, le deuxième les élémens négatifs. Deux élémens réunis ou soudés ensemble, l'un positif, l'autre négatif, composent ce qu'on appelle une paire ou un couple. Le corps non métallique est le conducteur : c'est une rondelle humide de drap ou de carton imbibée d'eau pure ou de quelque dissolution saline.

Les lettres *c*, *z* et *f* désignent les élémens de cuivre, de zinc, et les rondelles de drap ou de carton humide. La pile est maintenue verticalement par quatre tiges de bois. L'extrémité de la pile qui se termine par une plaque de cuivre, s'appelle l'extrémité cuivre; l'autre,

terminée par une plaque de zinc, s'appelle l'extrémité zinc : elles sont désignées dans la figure par les lettres *c*, *z*.

Lorsque le nombre des paires est considérable, on les divise en plusieurs colonnes, comme dans la figure 108, et l'on établit une communication entre elles par des bandes métalliques, placées alternativement, l'une en haut, et l'autre en bas.

Volta avait construit une pile de quarante paires, qui, lorsqu'on en saisissait les pôles avec la main, produisait un choc assez violent dans les bras.

L'eau étant un mauvais conducteur, on emploie, pour les piles humides, des dissolutions salines. L'eau, contenant $\frac{1}{16}$ d'acide sulfurique et $\frac{1}{20}$ d'acide nitrique, est le conducteur humide que l'on préfère.

PILE A AUGES DE CRUIKSHANKS.

M. Cruikshanks, de Woolwich, a trouvé une disposition pour cet appareil qui n'a pas peu contribué aux progrès de la science. Il a placé les métaux horizontalement, laissant entre eux un espace suffisant pour contenir le liquide qui doit les attaquer. La figure 109 représente cet appareil perfectionné. Les plaques de zinc et de cuivre sont soudées ensemble, et sont attachées par paires dans une cuve, de manière à laisser entre elles de la place pour le liquide conducteur. La cuve se termine par deux fils métalliques, ordinairement de platine, qui donnent chacun une espèce d'électricité, et qu'on met en contact avec la substance qu'on veut soumettre à son influence.

Cette petite pile est à peu près suffisante pour démontrer dans un cours les principaux effets du galvanisme.

BATTERIE GALVANIQUE DE CHILDREN.

M. Children construisit, en 1809, une batterie galvanique d'après les idées de Volta : les couples étaient mis en communication au sommet par des conducteurs métalliques, et plongés dans les compartimens d'une cuve. Il employa d'abord douze paires de plaques de quatre pieds sur deux, formant en tout une surface de 92160 pouces carrés. Le liquide conducteur était un mélange d'eau, d'acide nitrique et d'acide sulfurique. La quantité de ce liquide employée s'élevait à 120 gallons.

Il parvint, au moyen de cet appareil, à fondre en vingt minutes dix-huit pouces de fil de platine d'un trentième de pouce de diamètre, et il porta au rouge une longueur de trois pieds du même fil. Le charbon brûlait d'une flamme très-vive. Il est assez singulier que l'action de cette batterie ait été à peu près nulle sur des fils de fer, cette action étant aussi grande sur des fils de platine. Il ne put fondre que dix pouces de fil de fer, dont le diamètre avait $\frac{1}{70}$ de pouce, et il n'en porta au rouge qu'une longueur moindre de trois pieds. Il ne décomposa point les barytes ni les autres substances du même genre, n'affecta point l'électromètre de Bennet, et put à peine produire un choc sensible sur le corps humain.

M. Children établit ensuite une batterie de deux cents paires, de deux pouces en carré chacune, donnant une surface de 3200 pouces carrés. Les alkalis et les oxides terreux furent immédiatement décomposés, et il produisit une divergence considérable dans l'électromètre. De la comparaison des effets des deux batteries, M. Children conclut que l'intensité de l'électricité croissait avec le nombre des surfaces métal-

liques, et que la quantité produite était en raison de la grandeur des surfaces. En admettant ce principe, on peut expliquer l'action plus grande de la batterie sur le fil de platine que sur le fil de fer; en effet le premier de ces métaux est bien meilleur conducteur que le second, dont la tendance à l'oxidation oppose un obstacle à la transmission du fluide.

Enfin, M. Children construisit en 1813 une batterie encore plus considérable et plus puissante. Elle était formée de vingt paires de plaques de cuivre et de zinc, chaque plaque ayant six pieds sur deux pieds huit pouces. Elle portait au rouge six pieds de fil de platine épais, et fondait ce métal avec une grande facilité; elle fondait aussi l'iridium et l'osmium. D'après les instances du Dr Wollaston, on s'assura, au moyen de cet instrument, d'un fait assez singulier : c'est qu'un fil de platine épais était plus facilement porté au rouge, qu'un fil de même métal beaucoup plus fin.

CALORIMOTEUR DE HARE.

Le Dr Wollaston construisit en 1815 un appareil qu'il appela batterie galvanique élémentaire, dans le but de déterminer quelle était la plus petite combinaison possible, capable de déterminer l'ignition. Le plus petit instrument, qui sortit de ses mains, se composait d'un dé ouvert par le haut, qu'il aplatit de manière que les côtés n'étaient plus qu'à un cinquième de pouce de distance; il introduisit dans ce dé une petite plaque de zinc, qu'il y fixa sans la faire toucher au dé, et l'on ajouta les fils de platine nécessaires. La petite plaque de zinc avait moins de trois quarts de pouce en carré, et cependant ce petit appareil fondit immédiatement un fil de platine de $\frac{1}{3000}$ de pouce de diamètre.

Le D[r] Hare, professeur de chimie en Pensylvanie, pense que le principe, développé par la pile voltaïque, est un composé de calorique et d'électricité, c'est-à-dire que ces deux fluides sont des produits distincts, mais simultanés, de l'action galvanique.

Il remarqua qu'en augmentant le nombre des paires d'une pile voltaïque, et en diminuant leur grandeur et l'énergie des conducteurs, le rapport des effets électriques aux effets calorifiques augmentait jusqu'à ce que, comme dans la colonne de Deluc, où l'on n'emploie point de liquide, les effets électriques prédominassent; que, d'un autre côté, lorsque les plaques étaient plus grandes et en plus petit nombre, comme dans l'appareil de Children, l'influence du calorique l'emportait sur l'influence électrique. Il fut aussi porté à examiner de plus près cette théorie, et à rechercher si une paire de plaques d'une très-grande dimension, ou un système équivalent ne dégagerait point plus de chaleur séparément, et s'il ne parviendrait point à démontrer ainsi que le calorique était, comme l'électricité, un produit originaire des actions galvaniques. La batterie élémentaire de Wollaston, bien que produisant une certaine ignition, ne lui paraissant point suffisante pour les observations qu'il avait en vue, il construisit un appareil, composé de vingt plaques de cuivre, et vingt plaques de zinc de neuf pouces en carré, placées verticalement dans un châssis, dans l'ordre alternatif, de cuivre, zinc, et à un demi-pouce de distance l'une de l'autre. Toutes les plaques, d'un même métal, étaient soudées à une bande métallique commune, de manière à former un système complet homogène. Les surfaces de cuivre et de zinc, ainsi formées, sont unies par un fil métallique, et le tout est plongé dans une cuve sans compartimens, remplie

d'acide ou d'une dissolution saline. Le fil qui joint les deux métaux, devient bientôt incandescent, et si l'on dégage de l'hydrogène, il brûle d'une belle flamme ondulée.

Volta, considérant les effets de son appareil et le mouvement qu'il imprimait au fluide électrique, avait créé les mots électromoteurs, qu'il donnait aux plaques, et électromotion. Le Dr Hare, par analogie, et vu les phénomènes que son appareil produit, a nommée ses plateaux calorimoteurs, d'où il a fait le mot calorimotion.

On a trouvé que lorsque, dans l'appareil de Hare, on dispose dix plaques de cuivre d'un côté et dix plaques de zinc de l'autre, et qu'on établit une communication entre les vingt autres plaques, au moyen d'un fil de fer d'un huitième de pouce de diamètre, ce fil devient immédiatement incandescent en immergeant les plaques dans le liquide. — Le Dr Hare essaya de remplacer le fer par un fil de platine, n° 18, qu'il avait sous la main, ce fil entra en fusion très-rapidement.

a a, figure 111, sont deux vases cubiques de vingt pouces en carré d'un côté. *b* est un châssis en bois contenant vingt plaques de cuivre et vingt plaques de zinc, disposées dans l'ordre alterne, à un demi-pouce de distance l'une de l'autre. *t* sont des masses d'étain fondu qui lient les bords des plaques qui doivent communiquer les unes aux autres.

La figure 112 montre comment se fait la jonction entre les masses d'étain, les plaques de cuivre et celles de zinc; entre les lettres *z*, le zinc n'est en contact qu'avec les masses d'étain; entre les lettres *c*, au contraire, ce sont les plaques de cuivre qui sont en contact avec ces masses. On voit qu'à la partie postérieure de la caisse, dix plaques de cuivre entre *c* et dix plaques de

zinc entre *z* communiquent par une masse d'étain commune, qui s'étend dans toute la longueur entre *t t*; qu'à la partie antérieure, au contraire, comme dans la figure 111, il y a un intervalle entre la masse d'étain qui joint les dix plaques de cuivre et celle qui joint les dix plaques de zinc. Les pinces à vis, qui appartiennent à chacune des masses d'étain, se voient de chaque côté de l'intervalle, ainsi que le fil qu'on porte à l'incandescence. La figure montre suffisamment la disposition de la corde, de la poulie et des poids; l'axe peut tourner sur lui-même, de manière à faire passer le châssis de la droite à la gauche et réciproquement, afin de le plonger alternativement dans l'une ou dans l'autre des cuves *a a*, dont l'une remplie d'eau sert à lui enlever l'acide qui continuerait à agir sur les plaques et les oxiderait. On voit en *p* une séparation en bois, qui n'est pas absolument nécessaire, bien qu'elle puisse être utile.

Cette disposition rend l'appareil équivalent à une batterie de deux grandes paires galvaniques : la seule différence est qu'il n'y a point d'isolement, toutes les plaques plongeant dans un même vase. Le Dr Hare sépare ordinairement les deux séries de paires par une planche qui ne s'étend que sur le cadre.

Le fil de communication doit être placé entre les surfaces hétérogènes, avant leur immersion; car l'ignition commence immédiatement. Si cette connexion n'est établie qu'après l'immersion, l'effet est beaucoup moins sensible, et quelquefois, après deux ou trois immersions, l'appareil perd sa puissance, quoique l'action du dissolvant s'accroisse, pendant l'intervalle, à un très-haut degré. Il reprend toute sa force dans l'air atmosphérique, dans le chlore ou dans l'oxigène. Un fil de platine, n° 18, se fondit en un globule, pendant que

du potassium se décelait par une flamme rose, s'élevant d'un peu de potasse placée entre les poles. La chaleur, cependant, diminua en quelques secondes, quoiqu'un plus grand développement d'hydrogène, causé par les plaques, indiquât une action chimique plus intense.

Il résulte d'une observation du D[r] Paterson, qu'on peut reconnaître l'électricité développée par l'appareil au moyen de l'électroscope condensateur : mais ceci n'est rien autre chose que ce que Volta avait remarqué être la suite nécessaire du contact de métaux hétérogènes.

Les morceaux de charbon d'un très-petit diamètre, quoique cette substance conduise parfaitement l'électricité, interceptent l'agent calorifique, quel qu'il soit ; et, lorsque cet appareil se trouve combiné avec un appareil galvanique ordinaire, l'effet ne s'en trouve ni augmenté ni diminué.

Le D[r] Hare emploie ordinairement, comme liquide excitant, une partie d'acide sulfurique, deux parties d'hydro-chlorate de soude, et soixante-dix parties d'eau ; à sa grande surprise, il produisit une chaleur blanche, au moyen d'une solution alkaline, à peine sensible au goût.

Pour le développement de la chaleur, une addition de manganèse, d'oxide de plomb, ou de nitrate, est avantageuse. La puissance du calorimoteur s'augmente considérablement en établissant une communication entre les différentes plaques, au moyen de larges bandes ou masses de métal. Cette observation conduisit le D[r] Hare à adopter les dispositions suivantes : il raccourcit d'un demi-pouce les plaques de cuivre, sur une longueur de quatre pouces à partir de leur bord, où la communication devait se faire avec les plaques

de zinc; et, au contraire, il raccourcit les plaques de zinc de la même manière, mais là où l'on doit établir la communication entre elles. Les bords des plaques raccourcies étant défendus par des bandes de bois, il fondit de l'étain sur les bords saillants intermédiaires des plus longues, de manière à embrasser une portion de chacune, égale à quatre pouces sur un quart de pouce. D'un côté, on coula l'étain tout en travers, pour lier en même temps dix plaques de cuivre et dix plaques de zinc; de l'autre côté, on avait laissé un intervalle d'un quart de pouce entre la couche d'étain embrassant le cuivre, et celle qui embrassait le zinc. A chacun des bords des couches d'étain est soudée une espèce de pince, formée par une bande de cuivre recourbée, munie d'une vis qui en presse les mâchoires l'une contre l'autre; la distance entre les différentes vis est d'environ deux pouces. L'action de ces vis est évidente; car la plus ou moins grande pression du fil de communication affecte d'une manière correspondante l'intensité de la combustion.

DÉFLAGRATEURS GALVANIQUES DE HARE.

Le Dr Hare, ayant remarqué que l'ignition produite par une ou deux paires galvaniques était portée au plus haut degré d'intensité aussitôt qu'elles étaient recouvertes par le liquide excitateur, et cessait bientôt après, quoique l'action de l'acide s'accrût dans l'intervalle, fut conduit à penser que l'effet maximum d'un appareil voltaïque de grande dimension n'avait jamais été atteint. Les plaques sont ordinairement disposées dans des cuves séparées, contenant rarement plus de vingt paires. Celles du grand appareil de l'Institut royal, employées par Humphry Davy, sont disposées par dixaines; cent doivent être ainsi successivement

placées dans l'acide, et la communication est établie avant que les pôles puissent agir. Il en résulte que l'effet produit immédiatement par l'immersion est perdu dans les premières cuves avant d'agir sur les dernières; et l'on ne paraît point avoir jusqu'ici cherché à tirer parti de cette accumulation de puissance en se servant de ce magnifique appareil.

Dans le but d'observer l'effet produit par l'immersion simultanée d'une série entière, le Dr Hare fit construire un appareil galvanique, représenté figure 113. Il se compose de quatre-vingts couples en hélice de cuivre de zinc, supendus par des leviers, et tellement disposés, qu'on peut les plonger d'un seul coup dans l'acide, ou les en retirer immédiatement. Les feuilles de zinc *a* ont environ neuf pouces sur six; celles de cuivre *b* ont quatorze pouces sur six; une plus grande quantité de ce dernier métal est nécessaire, en ce qu'il part, dans chaque hélice, de l'intérieur des feuilles de zinc et l'entoure complètement au dehors. Ces feuilles sont contournées de manière à ne laisser entre elles qu'un intervalle d'un quart de pouce. Chaque hélice a un diamètre d'environ deux pouces et demi; de sorte qu'elles peuvent toutes descendre librement dans quatre-vingts bocaux de verre de deux pouces trois quarts de diamètre intérieur et de huit pouces de hauteur, placés dans des gouttières de bois, de manière à recevoir les hélices.

L'appareil ainsi disposé, il souda séparément, à chacun des deux pôles, un petit tuyau de plomb, puis, taillant en cône les deux extrémités d'un charbon d'un quart de pouce d'épaisseur, et d'un pouce et demi de longueur, il les introduisit dans chacune des extrémités creuses du tuyau. Il remplit alors les bocaux d'acide étendu, fit descendre d'un seul coup, et rapidement, les hélices dans leur intérieur, et ne retrouva plus un

vestige du petit cylindre de charbon. L'ignition fut si rapide, que les portions du tuyau qui touchaient le charbon furent complètement détruites.

Le Dr Hare a nommé cet appareil déflagrateur galvanique, à cause de la puissance comburante extraordinaire qu'il possède, comparativement à ses dimensions. Sous la dernière forme, il diffère de la pile voltaïque, par l'omission d'un des élémens regardé jusqu'ici comme nécessaire à sa construction.

Diverses considérations ont porté le Dr Hare à établir un appareil du même genre, consistant en plaques de zinc entourées par des enveloppes de cuivre. Ces plaques ont sept pouces sur trois, et les enveloppes sont d'une grandeur suffisante pour les recevoir à peu près comme dans l'appareil de Wollaston. Il y a cependant cette différence, légère en apparence, mais réellement fort importante, que les enveloppes sont ouvertes en haut et en bas, au lieu de présenter leurs parois latérales aux bords des plaques de zinc, comme dans ce dernier instrument. Les enveloppes, ainsi disposées, il en suspendit cinquante à chacun des leviers; entre les enveloppes il interposa un morceau de carton trempé dans un vernis de gomme laque, de manière que le tout formait une masse compacte, que le liquide ne pouvait pénétrer, si l'on excepte les interstices laissées pour le recevoir entre le cuivre et le zinc. La puissance de cet appareil égala celle du déflagrateur; sa surface oxidable n'était que la moitié de celui du dernier, et il occupait huit fois moins de place que lui.

Lorsque deux ou plus de deux rangs sont employés, on les suspend côte à côte, en les unissant comme dans l'appareil ordinaire de Volta; après quoi l'on dispose sur un plateau autant de cuves sans compartimens qu'on a de rangs; on remplit ces cuves d'eau ou d'a-

cide, et on les élève au moyen de leviers et autres machines jusqu'à ce que les plaques soient immergées.

Au moyen d'une série de 230 paires, il volatilisa les barytes, et le platine qui supportait la pièce d'essai, fut détruit aussi facilement qu'un morceau de carte pourrait l'être par un fer rouge.

Un fil de platine de $\frac{3}{16}$ de pouce d'épaisseur se liquéfia complètement. Un fil de fer, de même dimension, brûla en produisant une explosion. On vaporisa le mercure en mettant en communication deux vases qui contenaient le métal avec le pôle de l'instrument, et perçant alors un petit orifice qui permettait au mercure de se déverser d'un vase dans l'autre en un petit filet.

Il est probable que le meilleur moyen d'appliquer ces instrumens à l'analyse, serait d'exposer les substances à la décharge dans le vide. Le Dr Hare observa qu'après que le charbon et le fer étaient restés enflammés pendant quelques secondes, sous un récipient épuisé, et qu'on admettait l'air, il se produisait un éclair, accompagné d'une fumée rouge-jaunâtre, qui se condensait sur le verre. Il paraîtrait que le fer se vaporise et que l'admission de l'air en oxide la vapeur.

Un instrument de cette espèce produit une véritable torture en y exposant le dos de la main, même pendant un temps très-court, c'est à l'endroit où les veines sont enflées et où la peau est plus tendre, qu'on ressent la douleur la plus vive. On observe peu de différence dans la sensation, soit qu'on emploie de l'eau pure ou de l'acide; mais le pôle positif est celui qui cause le plus de mal. Le choc n'est pas beaucoup plus sensible au moment de l'immersion que plus tard. Cet appareil affecte un électromètre très-sensible et dé-

range très-violemment une aiguille aimantée, sous quelque forme qu'il soit construit.

Le professeur Silliman est parvenu, au moyen de ce puissant appareil, à fondre le charbon; et ces variétés transatlantiques de la construction ordinaire de nos combinaisons galvaniques ont beaucoup accru nos connaissances sur ces principes impondérables; ils ont montré qu'ils étaient capables de former entre eux des combinaisons chimiques.

APPAREILS POUR LES OPÉRATIONS SUR LES CORPS PONDÉRABLES.

Nous n'avons considéré jusqu'ici que les moyens de produire et d'appliquer ces substances tellement subtiles, ou qui se combinent en de si faibles proportions avec les autres corps, qu'il n'est jamais possible d'en reconnaître la présence par le moyen de nos balances. Nous allons maintenant passer à celles plus matérielles, si l'on peut employer ce mot, qui affectent cet instrument; mais avant de procéder à leur étude, jetons un coup d'œil préliminaire sur les appareils au moyen desquels on fait réagir ces substances l'une sur l'autre.

Les instrumens de chimie, dans leurs rapports avec ces derniers corps qui affectent la balance et qu'on nomme pondérables, sont de plusieurs espèces :

1° Appareils pour peser et mesurer les substances soumises aux expériences, et les produits qu'on en obtient;

2° Appareils servant à observer la densité ou le poids spécifique des corps, à déterminer leur degré de pureté ou de force;

3° Appareils propres à réduire les solides en poudres plus ou moins ténues, afin d'accélérer l'action des liquides qui doivent les dissoudre, ou favoriser leur combinaison entre eux;

4° Appareils pour séparer les solides des liquides;

5° Appareils destinés à exposer les substances à l'action du feu, sans conserver leurs parties volatiles;

6° Appareils propres à rassembler les parties solides des corps volatilisés par le calorique;

7° Appareils servant à rassembler, non-seulement les parties solides, mais aussi les parties liquides des corps volatilisés par l'action du calorique;

8° Appareils servant à réunir, non-seulement les parties solides et liquides, mais les parties aériformes, résultant de l'action du calorique sur les corps;

9° Appareils propres à conserver les solides et les liquides denses, et à les transférer d'un vase dans un autre;

10° Appareils destinés à mesurer, peser, conserver et transvaser les substances aériformes;

11° Instrumens servant à perforer les vases de verre ou de terre, et à les approprier aux usages chimiques;

12° Des instrumens et des substances propres à luter les vases, à les joindre et à les préserver de l'action subite du froid et de la chaleur;

13° Appareils divers.

DES APPAREILS QUI SERVENT A PESER.

Le chimiste doit se munir de suite de balances de différentes espèces et de sensibilité progressive; car, *peser* est l'alpha et l'oméga de toute opération chimique. Avec des instrumens imparfaits, cette opération est ennuyeuse et inexacte; une bonne balance, au contraire, donne des résultats prompts et satisfaisans, et l'on épargne ainsi un temps bien précieux dans les recherches expérimentales.

Il est indispensable d'avoir des balances pour l'usage

ordinaire, et d'autres, d'une sensibilité plus grande, pour les opérations délicates. Ces dernières doivent être placées dans un endroit séparé, enfermées même dans une cage de verre; enfin, l'on doit avoir la plus grande attention à les préserver des vapeurs acides et de l'humidité.

Elles doivent toujours être placées sur un support, dans un endroit sec et bien éclairé. Le fléau d'une bonne balance doit rester en équilibre sans les plateaux; cet équilibre doit se conserver lorsqu'on les ajoute ou qu'on les change de côté, et le plus léger poids ajouté dans l'un ou dans l'autre des plateaux, lorsqu'ils sont chargés, doit faire trébucher l'appareil. Cependant, si, sous d'autres rapports, la balance est bien construite, on peut négliger cette facilité de changer les plateaux, pourvu que l'instrument ne serve qu'au laboratoire. En effet, les poids qui pourront être commercialement faux conserveront cependant entre eux leur rapport, si la pesée se fait toujours de la même manière, c'est-à-dire si l'on place toujours la substance dans le même bassin. On connaît d'ailleurs une méthode pour prendre le poids d'un corps, qui rend les résultats tout-à-fait indépendans de l'inégalité de longueur des bras de la balance; et cette méthode doit toujours être employée dans les recherches qui exigent de la précision : elle consiste à placer la substance dans l'un des bassins, et à faire exactement la tare, au moyen d'un contre-poids quelconque placé dans l'autre. Lorsque la balance est parfaitement ajustée, l'on ôte la substance, et, sans rien changer à l'autre bassin, on la remplace par des poids, dont on met une quantité suffisante pour rétablir exactement l'équilibre. C'est la somme de ces derniers poids qui représente celui de la substance; car il est bien évident que, quel que soit

le rapport des bras du fléau, la substance à peser et les poids, qui rétablissent l'équilibre précisément dans les mêmes circonstances, seront égaux, et pourront être pris l'un pour l'autre. On peut donc ainsi obtenir encore les poids commerciaux.

Les avantages d'une bonne balance ne se bornent point seulement à des résultats exacts, elle épargne encore un temps considérable, lorsqu'on n'a point besoin d'une très-grande exactitude. En effet, que les bassins chargés de poids changent à peine de niveau par l'addition dans l'un d'eux d'un dixième de grain, il faudra un temps assez long pour obtenir le poids d'une substance jusqu'à ce degré d'exactitude; que la balance trébuche, au contraire, par l'addition d'un centième de grain, lorsqu'on pourra se contenter d'une exactitude moindre, un dixième de grain, ajouté dans le bassin, va causer une telle différence de niveau, un tel trébuchement, qu'on s'en apercevra immédiatement.

Muschenbroek se servit, pour la détermination des poids spécifiques de diverses substances, d'un instrument qui, chargé de deux à trois cents grains, trébuchait par l'addition d'une quarantaine de grains. Sa balance donnait donc les poids exacts à $\frac{1}{12000}$ près.

La grande balance de Bolton, décrite dans le 66ᵉ volume des *Transactions philosophiques*, chargée d'une livre, trébuchait par l'addition d'un dixième de grain; de sorte qu'on approchait de $\frac{1}{70000}$ du vrai poids.

La petite balance du même, chargée d'une demi-once, trébuchait sous un centième de grain; on obtenait donc les poids à $\frac{1}{24000}$ près.

La balance de Read, décrite dans le même volume, trébuchait promptement, lorsqu'elle était chargée de 55 livres, par l'addition d'un *penny weight;* quatre grains rendaient le trébuchement extrêmement sensible:

de sorte qu'elle donnait le poids véritable à $\frac{1}{96000}$ près. Quoique d'une grande force, c'était la meilleure balance qu'on eût jamais construite.

La balance de Whitehurst, dont il est question dans le même volume, qui pesait un *penny weight*, était très-sensiblement affectée par deux millièmes de grain, ou $\frac{1}{48000}$ du poids.

La balance de Nicholson, décrite dans le *Dictionnaire de chimie*, chargée de 1200 grains dans chaque bassin, trébuchait par l'addition d'un soixante-dixième de grain, c'est-à-dire $\frac{1}{84000}$ du poids : c'était donc un excellent instrument.

La balance d'Alchorne, dont il est question dans le 77[e] volume des *Transactions philosophiques*, chargée de quinze livres de chaque côté, trébuchait par l'addition de deux grains; comme sans doute c'était des livres *troy*, l'exactitude de cet instrument était portée à $\frac{1}{43200}$.

Le D[r] George Fordyce (*Transactions philosophiques*, volume 75) parle d'une balance construite par Ramsden, tournant sur des pointes au lieu de couteaux, qui, chargée de quatre à cinq onces troy, donnait le poids à $\frac{1}{1600}$ de grain, c'est-à-dire à $\frac{1}{38400}$ du poids dans la balance.

La balance de Magellan, citée par Nicholson dans son *Dictionnaire de chimie*, chargée d'une livre dans chaque plateau, indiquait distinctement un dixième de grain, ou $\frac{1}{70000}$ du poids,

La balance de la Société royale, construite par Ramsden, et tournant sur des couteaux d'acier reposant sur des plans de cristal poli, est, dit-on, sensible à $\frac{1}{7000000}$ du poids; mais M. Nicholson paraît douter de la vérité de cette assertion.

La comparaison des poids des différens pays, au moyen de l'étalon déposé à la monnaie de Paris, fut

faite par M. Tillet avec une balance qui, chargée de 4608 grains, trébuchait par l'addition d'un quart de grain, ou donnait les poids à $\frac{1}{18432}$ près. De sorte que cette balance, fort bonne du reste, est cependant inférieure à toutes celles que nous avons citées, celle de Muschenbroek exceptée.

Le professeur Weigel rapporte, dans ses Observations, qu'il se servit d'une balance telle, que, chargée de deux marcs de Cologne de chaque côté, l'index déviait d'une ligne par l'addition d'un recht pfenning theil; ce qui, d'après les rapports que j'ai donnés dans mes *Élémens de pharmacie,* donne $\frac{1}{131072}$ pour le degré d'exactitude de cette balance, qui peut passer pour un fort bon instrument.

La balance employée par Cooper, et construite par Robinson, était sensiblement affectée par $\frac{1}{400}$ de grain, quand les bassins étaient chargés de 1000 grains : de sorte que cette balance peut être regardée comme d'une très-grande exactitude, et bien propre à l'usage auquel elle servait, notamment à l'analyse des substances organiques.

Pour toutes les recherches qui exigent de la précision, on devra s'assurer d'avance du degré d'exactitude de l'instrument qu'on emploie : c'est-à-dire qu'il faudra connaître le poids additionnel sous lequel trébuche la balance, selon les différentes charges qu'on lui fait supporter.

Le chimiste praticien qui aura jeté un coup d'œil sur la comparaison que nous venons de faire des balances les plus exactes construites jusqu'ici, saura apprécier à leur juste valeur les tables de poids spécifiques et les analyses chimiques, qui dépendent d'une grande exactitude dans les pesées, que nos moyens ne nous permettent point d'atteindre. En effet, dans les analyses

ou tables de poids spécifiques portées à cinq figures, la dernière peut passer pour une approximation très-grossière; et, ainsi que M. Nicholson le remarque avec justesse, l'auteur qui donne six figures en impose, ou avec intention, ou par ignorance.

D'habiles artistes français, tels que Fortin, Kutsch, Chemin, sont parvenus à faire des balances qui, chargées d'un kilogramme dans chaque bassin, trébuchent sous l'addition d'un seul milligramme, de sorte qu'elles indiquent le poids réel à $\frac{1}{1000000}$ près.

La figure 114 représente une balance, construite d'après les meilleurs principes, par Troughton, de Londres; elle se compose d'une forte boîte en acajou, munie de tiroirs pour y placer les poids; un autre long tiroir, placé à la partie postérieure, reçoit le fléau de ces balances. On voit sur les flancs de petites portes à travers lesquels on charge et l'on décharge les bassins; une troisième porte, à la partie supérieure, sert à enlever le fléau. L'avant et l'arrière de la boîte sont vitrés. A la face supérieure des tiroirs sont deux niveaux à bulle *ll*, qui, de concert avec une vis inférieure, servent à ajuster la balance. Dans l'intérieur de la boîte, et un peu au-dessous des niveaux, est une tige de fer, portant un manche à chaque extrémité, qui sert à la faire tourner : on voit l'un deux dans la figure en *h*. Cette tige meut avec elle deux pignons qui lui sont concentriques, et agit sur des supports *p p* qui soutiennent les bassins, et leur laissent plus ou moins de liberté, selon que le cas l'exige.

Une forte colonne de laiton *f* occupe le centre de l'intérieur de la boîte, et se termine par une plate-forme carrée. A l'avant et à l'arrière de cette plate-forme, sont deux arcs à peu près demi-circulaires *m*, aux sommets desquels sont fixés deux plans d'agate, qui

servent de point d'appui au fléau. La partie cylindrique du fléau s'élève ou s'abaisse par rapport à la colonne, au moyen d'un levier, dont on voit l'extrémité en *g*, entre les tiroirs. A l'extrémité supérieure du tube, juste au-dessus de la plate-forme, est un arc renversé, dont le rayon est assez grand pour que les extrémités s'élèvent un peu au-dessus des points supérieurs des deux autres arcs, qu'il croise à angle droit.

Le fléau est formé de deux cônes de laiton creux, assemblés dans le milieu par un très-petit cylindre; il a en tout dix-huit pouces de longueur environ. Ces cônes n'ont pas plus de $\frac{2}{100}$ de pouce d'épaisseur; mais on les rend presque inflexibles, au moyen de bagues circulaires qu'ont fait entrer de force et à quelque distance l'une de l'autre dans son intérieur. Le fléau est traversé dans le milieu de sa longueur par un cylindre d'acier, dont l'axe passe par le centre du fléau; le côté inférieur de ce cylindre d'acier se termine par un couteau, formant un angle de 30 degrés; il est durci et bien poli, de manière à former l'axe principal, et repose sur les plans d'agate de l'avant, et de l'arrière, sur une longueur de 0.05 de pouce. A l'extérieur, l'axe se termine par deux petits pivots, dont les extrémités portent sur celles de l'arc renversé *n*; de sorte que lorsqu'on élève celui-ci, au moyen du levier, il emporte le fléau avec lui, d'où il résulte que l'axe ne se fatigue pas, lorsqu'on ne se sert point de l'instrument. En abaissant le fléau, les extrémités de l'arc quittent l'axe, et le laisse se replacer sur le centre des plans. Comme il n'y a point de mécanisme pour empêcher l'axe de s'éloigner des plans d'agate, on rectifie sa position, lorsque cela arrive, en élevant l'arc renversé *n*.

On peut ajuster, selon le besoin, les points de sus-

pension des plateaux; celui de gauche se meut horizontalement, afin d'obtenir une parfaite égalité dans les bras de la balance, au moyen d'une vis qui repousse l'axe de suspension dans un sens, pendant qu'un ressort d'acier, placé dans l'intérieur du cône, s'oppose à ce mouvement. L'axe de suspension de la droite s'ajuste verticalement pour amener les trois points d'action en ligne droite; ce qui s'opère en fixant l'axe dans une pièce glissante, comme de l'autre côté, sur laquelle on agit au moyen de vis qui pressent dans des directions opposées. Le fléau se termine par des pointes contiguës à des échelles d'ivoire, placées sur les côtés de la boîte. La valeur des divisions de l'échelle est indéfinie, et varie suivant les poids que la balance doit peser; elles sont fort utiles pour estimer de petites quantités.

Pour les usages hydrostatiques, il suffit de se munir d'un gobelet ordinaire; puis l'on remplace un des bassins par une tige de cuivre, courbée à ses deux extrémités, et d'un poids égal à ce bassin.

Occupons-nous maintenant d'ajuster la balance, c'est-à-dire d'amener les trois points d'action en ligne droite. Pour cela, un poids se trouve situé à l'intérieur du fléau, et sert à régler ses vibrations; sa position moyenne est au centre; mais on l'élève plus ou moins au moyen d'une vis qu'il porte à son sommet. Or, la balance étant à vide, on commence par jeter dans les bassins quelques parcelles de substance légère; puis on élève ou l'on abaisse le poids situé à l'intérieur du fléau, jusqu'à ce que les vibrations soient fort lentes; alors on place dans les bassins des poids égaux, à environ la moitié de la plus grande charge que l'instrument doit porter. Si la balance oscille aussi lentement qu'auparavant, elle est ajustée; si. ell

contraire, les oscillations sont plus rapides, on ralentira le mouvement en ajustant le poids, au moyen de la vis, dont on notera les tours et parties de tour. Alors on tourne les vis en sens contraire d'une quantité double de celle notée, et l'on produit le mouvement lent en ajustant l'extrémité droite du fléau. On répéte cette opération jusqu'à ce qu'on soit arrivé au résultat qu'on désire.

La figure 115 représente une balance fort ingénieuse construite, pour M. Jardine, par MM. Miller et Adie. *a* est le fléau, formé d'une seule pièce d'acier, à laquelle on a donné, pour obtenir force et légèreté à la fois, la forme d'un rhombe dont les angles aigus coïncident avec les points de suspension des plateaux. Les extrémités des bras passent à travers les pièces *c*, qui sont creusées pour recevoir les deux anneaux *d* qui supportent les bassins, et ces extrémités se terminent par des pointes fines qui marquent les degrés sur des échelles graduées en ivoire *e e*. L'axe ou le centre d'oscillation, a environ deux pouces et demi de long, un pouce de profondeur et trois pouces d'épaisseur. Son tranchant inférieur, qui forme un angle droit, traverse une boîte *g*, située au milieu du fléau, et est retenu à sa place par dix petites vis d'acier. Le tranchant tourne sur des plans d'acier parfaitement durs et polis *h*. On le soulève de dessus ces plans, lorsqu'on ne fait point usage de la balance, au moyen de fourchettes mues par un pignon *i*, qui soulève une crémaillère, placée dans l'intérieur du support de cuivre de la balance: l'un des points de suspension des plateaux *c* est fixe; l'autre se meut dans un sens et dans l'autre, au moyen des vis *k k k k*.

La balance est renfermée dans une cage d'acajou, fermée à la partie antérieure par une vitre; la partie

postérieure porte le châssis de cuivre *l*, qui se meut de bas en haut, et réciproquement, au moyen d'une crémaillère et d'un pignon *m*, de manière à arrêter les bassins et à gêner les oscillations de la balance lorsqu'on s'en sert. Les niveaux *n n* sont placés en croix, au bas du support, afin d'amener à la position horizontale les plans sur lesquels le centre tourne, et cela, au moyen des quatre vis *o o*, qui forment les pieds de la cage.

L'on doit chercher à placer les bords des trois centres, autant que possible, en ligne droite, en abaissant le centre d'oscillation, au moyen de deux des vis qui y attiennent.

Pour ajuster le centre de gravité juste au-dessous du centre de suspension, on enlève les bagues *d d*, des extrémités du fléau, et on les élève, tant qu'on peut le faire, sans que la balance cesse d'osciller. Enfin l'on s'assure de l'égalité des bras, en replaçant les bagues, suspendant les bassins, et chargeant ceux-ci de poids égaux : si l'équilibre se conserve, tout va bien; si, au contraire, l'un des côtés emporte l'autre, le bras correspondant est trop long, et l'on change la position du centre mobile, au moyen des vis *k k*. On recommence alors tous les autres ajustemens; car la plus légère altération, dans une balance délicate, influe sur tout le reste.

Une balance de ce genre, essayée par le Dr Brewster, trébuchait sous l'addition d'un centième de grain, lorsque chaque plateau était chargé de 10,000 grains.

On doit au Dr Black, d'Edimbourg, qui s'est toujours fait remarquer par la simplicité de ses appareils, un petit instrument que nous allons décrire, et qui peut, en quelque sorte, dispenser de l'achat d'instrumens toujours très-dispendieux :

Il consiste en une petite règle de bois blanc, de

l'épaisseur d'un franc, d'un pied de longueur, large de trois dixièmes de pouce en son milieu, et d'un dixième et demi à chaque extrémité; elle est divisée, par des lignes transversales, en vingt parties; c'est-à-dire dix de chaque côté, et chacune de ces parties est sous-divisée par moitié et par quarts. A travers du milieu, on fixe, avec de la cire à cacheter, une aiguille extrêmement fine, qui sert d'axe à ce fléau. Les notations augmentent numériquement du milieu aux extrémités. Le point d'appui, ou support, n'est autre chose qu'une petite plaque de cuivre, dont le milieu pose à plat sur la table, les extrémités se relevant à angle droit. Les bords en sont frottés, en même temps, sur une pierre plate à aiguiser, afin de se trouver parfaitement dans le même plan; et leur distance doit être telle, qu'un petit espace soit laissé entre eux et la réglette, lorsque les extrémités de l'aiguille reposent sur eux. Ils ne s'élèvent au-dessus du plan de la table que de un et demi à deux dixièmes de pouce; de sorte que la réglette est très-limitée dans son jeu.

Les poids dont se servait le Dr Black étaient un petit globule d'or d'un grain, et deux ou trois autres du poids d'un dixième de grain chaque; plus, un certain nombre de petites bagues de fil de laiton, coupées d'après la méthode donnée d'abord par le Dr Lewis, que nous allons faire connaître : on suspend un poids au fil de laiton; puis, en mettant à profit cette tension, on enroule le fil autour d'un autre fil de laiton plus épais, en hélice serrée; alors on attache les extrémités de l'hélice bien fortement, avec un fil ciré : cela fait, on le place dans un étau; et, avec un couteau bien aiguisé et un marteau, on coupe d'un seul coup un grand nombre de petites hélices, qu'on trouve, à fort peu de choses près, égales en poids les unes aux autres. Celles

du Dr Black avaient, pour la plupart, un trentième de grain, c'est-à-dire qu'il en fallait trois cents pour peser dix grains; quelques-unes étaient encore moins lourdes.

On comprend sans doute assez bien comment, en plaçant ces poids à différentes parties du fléau, le Dr Black pouvait peser les petites masses, depuis un grain ou un peu plus, jusqu'à $\frac{1}{1200}$ de grain. Supposons, par exemple, que la substance soumise à l'examen soit du poids d'un grain; en la suspendant à une des extrémités, elle équilibrera le petit poids d'or placé à l'autre. Si elle ne pèse qu'un demi-grain, elle équilibrera le même petit poids placé au n° 5 de l'échelle. Pèse-t-elle six dixièmes de grain, le petit poids d'or est au n° 5, et un des plus légers est à l'extrémité; si la substance pèse un, deux, trois ou quatre centièmes de grain, elle sera équilibrée par un des petits poids d'or placé à la première, seconde, troisième ou quatrième division; si, au contraire, elle pèse un grain, plus une fraction, elle sera équilibrée par le poids d'or le plus lourd, placé à l'extrémité plus un, deux ou plus de petits poids placés en différentes parties du fléau.

Ce fléau, remarque le Dr Black, peut servir à tous les usages; il est facile d'en construire de beaucoup plus petits, qui servent alors pour des opérations extrêmement délicates : dans ce cas, on use l'aiguille qui sert d'axe, de manière à lui donner un tranchant.

Le Dr Black a adapté quelquefois à cet instrument de petits plateaux en papier; dans ce cas, il faut élever l'appui sur un piédestal, ou tout autre support convenable.

Lorsqu'on se sert de cette balance, il faut toujours placer et vérifier les poids sur le même côté où l'on pèse la substance, afin d'éviter, autant que possible, les irrégularités de la machine. Ainsi l'on met la sub-

stance que l'on veut peser dans un des plateaux, et on l'équilibre par des contre-poids, du sable, par exemple, ou autre chose semblable, placée dans l'autre: ôtant ensuite la substance, on la remplace par des poids, dont on met une quantité suffisante pour rétablir l'équilibre, la somme de ces poids sera le poids cherché de la substance; ou bien, si l'on a besoin d'une quantité déterminée, on équilibre d'abord le poids que l'on veut obtenir; puis on le remplace par la substance que l'on veut peser. Par ce moyen, on compense l'inégalité qui pourrait se rencontrer entre les deux bras.

L'on peut faire de plusieurs manières, avec des lames métalliques, ou toute autre substance, des contre-poids qui soient égaux, doubles, triples, etc., d'un poids donné, et qui sont utiles dans plusieurs circonstances; l'on conçoit qu'il est facile d'établir, au besoin, leur rapport avec des poids connus. Si l'on prend un fil de laiton d'un diamètre bien égal, et que l'on coupe sur ce fil des longueurs qui soient entre elles dans un certain rapport, il est évident que les poids de ces morceaux seront, entre eux dans le même rapport: la seule précaution à prendre, est de reconnaître si l'épaisseur du fil est constante; ce dont on s'assure jusqu'à un certain point, en prenant à chacun des bouts des morceaux d'égale longueur, et vérifiant si leur poids est égal. Il faut aussi, pour la commodité de la pratique, que le plus petit poids n'ait pas moins d'un demi-pouce de longueur. Quelquefois les produits d'une expérience sont équilibrés provisoirement par des morceaux de plomb, dont on peut, plus tard, déterminer le poids.

Nous avons déja décrit la méthode pour obtenir de petits poids; mais M. Smithson trouve préférable de déterminer d'abord le poids d'un fil métallique, et d'en

prendre ensuite une longueur suffisante pour représenter le poids dont on a besoin.

En se servant de fil fin, on peut se faire ainsi un assortiment de petits poids, avec beaucoup de précision et de facilité. On obvie à l'inconvénient que présenterait une certaine longueur de fil pour les poids un peu considérables, en le roulant en anneaux autour d'un corps cylindrique.

Le Dr Black rapporte, au sujet de cet instrument, qu'il fut employé par un essayeur de Cornouailles, auquel il l'avait fait connaître. Un autre essayeur, du même comté, trouvant que les essais qu'il était obligé de faire lui coûtaient plus, en combustible, que le prix qu'il recevait pour ses expériences, s'avisa d'employer cette balance; de sorte que, au moyen du chalumeau, un seul grain de matière suffisait à ses essais. Cet homme est sans doute le même que cite le Dr Black.

DES POIDS SPÉCIFIQUES.

La pesanteur spécifique d'une substance est le rapport de son poids absolu à volume égal avec une autre substance qu'on a choisie pour terme commun de comparaison. On pouvait prendre ce terme de comparaison parmi les solides et les liquides; on a préféré ceux-ci, par de très-bonnes raisons, et entre eux celui que, moyennant certaines précautions faciles à prendre, on retrouve toujours semblable à lui-même: c'est l'eau pure, c'est-à-dire, ou naturellement, ou artificiellement distillée; on l'amène à une température donnée, qu'on puisse facilement lui procurer en toute saison.

Occupons-nous d'abord de la pesanteur spécifique des solides. Il existe un principe d'hydrostatique aussi

simple que fécond, qui procure une solution facile et exacte, quoiqu'indirecte, du problème.

Voici l'énoncé de cette proposition fondamentale, qu'on démontre en théorie et par l'expérience la plus simple.

Un solide, plongé dans un liquide, y perd, de son poids total avant l'immersion, précisément ce que pèse le volume du liquide qu'il déplace : si donc on pèse un solide, dans l'air d'abord, puis ensuite dans l'eau, et qu'on soustraie le dernier poids du premier, la différence ou la perte de poids du solide pesé dans l'eau, sera précisément le poids d'un volume d'eau égal à celui du solide plongé. On divise alors le poids trouvé dans l'air par la perte de poids éprouvée dans l'eau, et le quotient de cette division est la pesanteur spécifique cherchée, ou le rapport du poids du liquide à celui de l'eau à volume égal.

Cette méthode hydrostatique est celle qu'on préfère pour les solides ou les liquides très-épais : les balances qu'on emploie à ces usages, doivent être parfaitement justes ; on enlève un des plateaux, qu'on remplace par un fil métallique épais ou une petite tige cylindrique, recourbée à ses deux bouts, d'un poids suffisant pour équilibrer le plateau suspendu à l'autre extrémité du fléau.

On doit encore se munir d'appareils propres à suspendre les corps. La substance, qui sert à suspendre le corps, est ordinairement un crin ou un petit fil d'argent pour ceux qui peuvent être attachés, ou un petit filet des mêmes matières pour ceux qui ne peuvent l'être, ou enfin un petit vase de verre pour les poudres, le mercure ou les liquides pesans qui plongent dans l'eau sans s'y dissoudre.

Cet appareil étant déterminé et fixé au crochet de la

balance, on l'équilibre et on en note le poids; on suspend ensuite la substance, et on la pèse bien exactement: la différence entre les poids est celui de la substance dans l'air.

On place alors sous l'appareil un vase rempli d'eau de pluie ou d'eau distillée, et l'on immerge la substance, de manière qu'il y ait environ un demi-pouce d'eau dans tous les sens autour d'elle. Si elle se laisse pénétrer par le liquide, on l'y laisse séjourner quelque temps; puis on ôte l'eau, on essuie le corps avec soin, on le pèse de nouveau, et l'on note le poids de l'eau qu'il a absorbée.

On pèse enfin la substance sous l'eau, en prenant tous les soins pour qu'il n'y ait point de bulles d'air autour d'elle, ni dans aucune partie du vase. Il est facile de se débarrasser de ces bulles avec un petit pinceau de poil.

Enfin l'on enlève la substance, et l'on équilibre l'appareil de suspension plongé dans l'eau jusqu'à la profondeur où il se trouvait pendant l'opération, et l'on en note le poids.

Empruntons un exemple à M. Boyle. Nous avons:

Poids d'un morceau de marbre en grains. .	1169
Poids, lorsqu'il est immergé.	738
Perte du poids sous l'eau.	431

Or, comme 1169 est à 431 comme le poids spécifique du marbre est à celui de l'eau; prenant ce dernier pour unité, ou l'appelant 1, on a : 431 est à 1169 comme 1 est à un quatrième nombre, qu'on trouve d'autant plus facilement, que le produit d'un nombre quelconque par l'unité étant ce nombre lui-même, il suffit, dans le cas actuel, de diviser 1169 par 431 :

c'est ici 2.712 qui exprime alors le poids spécifique du morceau de marbre soumis à l'expérience.

Mais si le solide absorbe l'eau, il est clair que cette méthode de calcul ne donnerait que le poids spécifique apparent, et que, pour connaître le poids réel, on doit considérer que le volume d'eau déplacé, qu'on évalue par son poids, n'est pas la perte du corps immergé, mais seulement la différence entre cette perte et le poids de l'eau qu'il absorbe. Exemple :

Poids d'une pierre.................. *a*	1000
Poids, après quelque temps d'immersion................................	1050
Poids de l'eau absorbée.............. *b*	50
Poids pendant l'immersion............	460
Perte de poids qu'on obtient en évaluant le volume de l'eau en grains............ *c*	540
Poids spécifique apparent, qu'on obtient en divisant *a* par *c*, ou, pour le cas actuel, 1000 par 540......................=	1.801
Différence entre la perte de poids *c*, et la quantité absorbée *b*.................. *d*	400
Poids spécifique réel, qu'on obtient en divisant *a* par *d*, ou, pour le cas actuel, 1000 par 400.........................=	2.040

Si le solide est plus léger que l'eau et qu'il ne s'y dissolve point, on le forcera de plonger, en lui attachant un corps d'un poids suffisant.

Le poids spécifique des liquides peut encore s'obtenir par la méthode hydrostatique, en pesant, dans l'eau d'abord, puis dans le liquide dont on cherche le poids spécifique, un corps insoluble, tant dans l'eau que dans ce liquide, un morceau de verre par exemple. Il suffit de diviser la perte de poids dans l'eau par la

perte dans le liquide qu'on examine, le quotient donne le poids spécifique de ce dernier.

Si le corps solide soumis à l'examen est soluble dans l'eau, on le pèse d'abord dans l'air, puis dans un liquide où il ne puisse se dissoudre, et sa gravité spécifique est déterminée par rapport à ce liquide. On cherche alors le poids spécifique de la partie identique du liquide, comme nous l'avons enseignée plus haut; et alors les deux poids spécifiques, notamment celui du solide par rapport au liquide, et celui du liquide par rapport à l'eau, étant multipliés l'un par l'autre, le produit est le poids spécifique du solide par rapport à l'eau : car le poids spécifique du liquide employé est à celui de l'eau comme le poids spécifique du solide, par rapport à ce liquide, est à son poids spécifique par rapport à l'eau.

Il est nécessaire, dans toutes les expériences hydrostatiques, de connaître la température du liquide, celle de l'air, et sa pression; et il faut, autant que possible, que tous les essais soient faits à une température constante; car une variation dans ces élémens entraîne des différences sensibles dans les résultats.

Il est vrai qu'il est possible de réduire les poids spécifiques pris à une pression quelconque, de les réduire, disons-nous, à ce qu'ils auraient été à une température et sous une pression données, pourvu toutefois qu'on connaisse la dilatation des substances : mais ce calcul est assez long, et nous n'osons vraiment point exposer aux yeux des chimistes praticiens la *batterie* de formules algébriques dont on se sert ordinairement, et qui les feraient pâlir.

Il y a quelques autres propositions relatives à la doctrine des poids spécifiques, et que nous devons faire connaître.

Que le poids d'un corps quelconque soit divisé par son poids spécifique, l'eau étant prise pour unité, le quotient sera le poids d'une quantité d'eau égale en volume à ce corps. Par conséquent, si l'on divise de nouveau ce quotient par le poids de l'eau qu'une mesure connue contiendra, ce second quotient sera le nombre de ces mesures employées, égal au volume du corps, quelque irrégulier qu'il puisse être, et quelque difficile qu'il soit de le mesurer autrement.

On peut donc obtenir le volume d'un corps quelconque, et fort irrégulier, lorsqu'on en connaît le poids, et la pesanteur spécifique de la matière qui le compose. Je vais en donner un exemple en mesures françaises.

Qu'on ait une pièce de chêne dont le poids est de 327$^{\text{liv.}}$6, on divisera 327.6 par 1.17, qui est le poids spécifique du chêne, celui de l'eau étant 1; on obtient pour premier quotient 280; divisant ce nouveau quotient par le poids de l'eau qu'une mesure connue contiendra (prenons le pied cube, par exemple, qui pèse 70 livres), on aura $\frac{280}{70} = 4$ pieds cubes pour le volume de la pièce.

On peut exprimer ceci algébriquement d'une manière fort simple.

Soit v le volume de la substance dont le poids est P, le poids spécifique de cette substance étant a, et p étant d'ailleurs le poids de l'unité de volume de l'eau, on a

$$v = \frac{P}{a\,p},$$

qui, dans le dernier cas, devient

$$v = \frac{327.6}{1.17 \times 70} = 4,$$

comme nous l'avons trouvé.

Mais, de même que la connaissance du poids donne celle du volume, réciproquement, connaissant le volume, on obtiendra le poids au moyen de la même formule, mise sous cette forme,

$$P = pav;$$

ou, si l'on veut, en multipliant le volume connu par le poids spécifique de la substance, et multipliant ce produit par le poids de l'unité de volume de l'eau.

Qu'un manufacturier, par exemple, veuille élever sur une voûte une construction quelconque en pierres de taille, construction dont il connaît les dimensions; il peut désirer connaître le poids dont cette voûte sera chargée. Il ouvre une table de poids spécifiques; il trouve, pour la pierre de taille, 2.390. Cela veut dire qu'à volume égal elle pèse $2 \frac{390}{1000}$ plus que l'eau. Or, il sait que le pied cube d'eau pèse 70 livres ; donc, le pied cube de la pierre pèse 2.390 fois 70 livres, c'est-à-dire $167 \frac{3}{10}$ livres. Multipliant cette valeur par le nombre de pieds cubes que donne le toisé de sa construction, il a son poids total exprimé en livres.

Si les dimensions étaient prises en décimètres, la formule $P = av$ donnerait le poids en kilogrammes; si, enfin, l'unité de mesure était le centimètre au lieu du décimètre, cette même expression donnerait le poids en grammes.

Lorsque deux corps se combinent chimiquement, le volume du composé n'est point égal à celui des volumes réunis de chacun ; il est, ou plus grand, ou plus petit; une expérience familière démontre ceci tous les jours : qu'on emplisse d'eau, par exemple, un petit verre à liqueur, puis qu'on y ajoute, ou du sel, ou du sucre; l'eau, au lieu de déborder, s'abaisse dans le vase; il résulte de cette espèce d'action, que le poids

spécifique du composé est plus grand ou moindre que le poids spécifique moyen, suivant que le composé se contracte ou se dilate.

On peut calculer l'expansion, ou la contraction, de la manière suivante : nous empruntons cet exemple à M. Hatchett.

Il fit fondre dix-huit penny weights (dix grains) d'or avec un penny weight (dix grains) de cuivre, et trouva que le poids spécifique du mélange était 17.157.

Or, le poids de l'or 442 grains, divisé par son poids spécifique 19.172, donne, pour son volume, vingt-trois grains d'eau .05; de même, le poids du cuivre, trente-quatre grains, divisé par son poids spécifique 8.895, donne, pour son volume, quatre grains d'eau .27. De sorte que la somme des volumes est vingt-sept grains d'eau .32. Le poids du mélange, 480 grains, divisé par son poids spécifique, donne, pour son volume, vingt-sept grains d'eau .98 : de sorte que l'opération a produit une expansion de 0.66 de grain d'eau, ou $\frac{66}{2732}$ de la masse totale, c'est-à-dire un peu plus de $\frac{1}{41}$; si, au lieu du volume moyen, on voulait obtenir le poids spécifique moyen d'un mélange, en supposant qu'il n'y eût ni contraction, ni expansion, on l'obtiendrait en divisant la somme des poids des parties constituantes (480 grains, dans l'exemple cité), par la somme des volumes (27 grains .32); le quotient (17.569) est le poids spécifique cherché; mais la comparaison de ce poids calculé avec celui trouvé par l'expérience, nommément 17.157, ne donne pas, aux praticiens du moins, une idée aussi claire de la contraction ou de l'expansion qui accompagne le mélange de deux corps, que l'expression des volumes.

EXAMEN STATIQUE DES CORPS.

On connaît une autre méthode pour déterminer le poids spécifique des corps solides ou liquides, et qui quelquefois est plus commode que l'emploi de la balance hydrostatique.

On se sert d'un bocal, dont l'ouverture doit être assez large pour laisser passer les corps qu'on soumet à l'expérience ; au moyen d'une lime, on pratique dans l'obturateur qui le ferme, une petite gouttière dans le sens de la longueur, afin que cet obturateur puisse entrer, lorsque le bocal est rempli d'eau, jusqu'au bord, et qu'il permette cependant à l'eau qu'il chasse de s'écouler par la gouttière.

Voici l'usage de cet instrument. S'agit-il de déterminer le poids spécifique d'un corps solide, on commence par le peser; s'il absorbe l'eau, on le pèse encore après cette absorption. On pèse ensuite le bocal seul, puis, lorsqu'il est rempli d'eau; enfin, on place le solide dans le bocal plein, et on note le poids du tout.

Au moyen de ces élémens, on obtient facilement le poids spécifique du solide, ou même son volume : le premier, en divisant le poids du solide par le volume d'eau qu'il chasse du bocal; le second, en divisant le poids de l'eau déplacée par celui de l'eau contenue dans une mesure quelconque de capacité connue. L'examen des liquides, par cette méthode, se simplifie encore. On pèse le bocal vide, puis rempli d'eau, puis enfin rempli du liquide dont on cherche le poids spécifique; et on obtient ce dernier, en divisant le poids du liquide contenu dans le bocal par celui de l'eau.

ARÉOMÈTRE DE HOMBERG.

L'aréomètre de Homberg, décrit dans les Mémoires de l'Académie des sciences, est encore souvent ce qu'il y a de plus commode pour déterminer de cette sorte le poids spécifique des divers liquides.

Cet aréomètre n'est autre chose qu'un vase de verre *a b c d*, figure 116, semblable à un petit matras, dont le col *a b* est si menu, qu'une goutte d'eau y occupe une longueur de cinq à six lignes : il est cependant bon d'évaser un peu, en entonnoir, l'extrémité *a* du col du vaisseau, afin de pouvoir y verser plus facilement la liqueur.

A côté de ce col *a b*, il sort de la panse *c* du vaisseau, un petit tuyau *d*, parallèle au col *a b*, de la même capacité que ce col, et de la longueur d'environ six lignes. Ce petit tuyau sert à donner une sortie à l'air qui est dans le vaisseau, à mesure qu'on le remplit d'une liqueur.

La raison pour laquelle le col *a b* est si menu, est que par-là on peut plus aisément connaître le vrai volume de la liqueur qui est entrée dans le vaisseau, en le remplissant toujours jusqu'à une marque *e*, que l'on a faite sur le col *a b*.

Pour faire usage de cet aréomètre, il faut en connaître exactement le poids; après quoi, le remplir d'une liqueur, jusqu'à la marque *e*, faite sur son col; le peser ensuite avec une balance très-exacte; et comparer ainsi le poids de cette liqueur au poids d'une autre qu'on aura essayée de la même façon. Par-là l'on connaîtra très-exactement de combien l'une pesera plus que l'autre, parce qu'une goutte d'eau occupant l'espace de cinq à six lignes dans le col de cet aréomètre, si on y avait versé la hauteur d'une ligne de trop ou de trop

peu, l'erreur ne serait que d'un cinquième ou d'un sixième de goutte sur toute la quantité qu'on aurait mesurée; ce qui est très-peu de chose : et cependant cela est très-sensible dans l'aréomètre, et très-facile à corriger, en ajoutant un peu de liqueur, s'il y en a trop peu, ou en frappant avec le doigt sur l'entonnoir du col, s'il y en a trop; ce qui fera sortir un peu de la liqueur par le bout du petit tuyau.

Il est clair que connaissant le poids de l'eau que contient l'aréomètre, celui de l'instrument vide, celui de l'instrument plein du liquide, dont on cherche le poids spécifique, ce poids n'est autre chose que le quotient du poids du liquide par celui de l'eau.

Nous ne pouvons pas nier que cet aréomètre ne soit sujet, comme les autres, à plusieurs inconvéniens. Le plus grand de tous est celui auquel il n'y a pas de remède; c'est que le col *a b* est fort étroit, et par-là capillaire; et que, pour cette raison, les liqueurs s'y tiennent plus élevées qu'elles ne devraient; et cet excès n'est pas le même pour toutes.

BOUTEILLE DE MILLE GRAINS. (THOUSAND-GRAIN BOTTLE).

Dans le but de faciliter cette expérience, on se sert quelquefois d'une bouteille connue, par les fabricans anglais, sous le nom de Bouteille de mille grains; puis, d'un poids qui l'équilibre très-exactement, lorsque cette bouteille est remplie d'eau distillée, à la température de 60 degrés de Fahrenheit.

Ce n'est autre chose qu'une bouteille de verre à long col, fermée par un bouchon conique, le long duquel on a pratiqué une petite gouttière qui permet à l'opérateur de le faire entrer dans la bouteille, lors-

qu'elle est complètement remplie de liquide; le trop plein s'échappant alors par la gouttière. Sans cette précaution, il serait difficile de remplir la bouteille de liquide, sans y renfermer aussi quelques bulles d'air qui altéreraient les résultats.

Cet instrument n'exige donc, pour ainsi dire, aucun calcul : on le remplit de liquide, et on le place dans un des bassins d'une balance, son contrepoids connu étant dans l'autre. Si le liquide contenu est plus léger que l'eau, on sera obligé, pour rétablir l'équilibre, d'ajouter quelques poids dans le plateau qui le porte; ceci montre d'abord, d'un seul coup, que le poids spécifique est moindre que celui de la substance qu'on prend pour terme de comparaison : ce poids spécifique sera donc une fraction.

Le liquide, au contraire, est-il plus pesant que l'eau? La bouteille va pencher, et c'est dans l'autre bassin qu'il faudra ajouter une certaine quantité de poids pour rétablir l'équilibre.

Supposons, par exemple, que la bouteille soit remplie d'éther sulfurique, on se trouvera obligé d'ajouter de son côté 261 grains pour rétablir l'équilibre : or, comme de 261 à 1000 la différence est 739, on trouve immédiatement que le poids spécifique de l'eau étant 1, celui de l'éther est 0.739; si l'on avait pris de l'eau de mer pour remplir la bouteille, eau qui, comme on le sait, est un peu plus dense que l'eau distillée, on aurait été obligé d'ajouter 26 centièmes ou à peu près un quart de grain dans l'autre plateau, quantité qui, comme nous l'avons expliqué, doit s'ajouter au module 1.000, pour donner le poids spécifique de l'eau de mer, qui deviendrait alors 1.026. L'acide sulfurique étant plus pesant que l'eau, on trouverait qu'il faut ajouter 875 grains dans le bassin opposé à la bou-

teille, de sorte que son poids spécifique serait représenté par 1.875.

BOUTEILLE POUCE-CUBE. (CUBICAL INCH BOTTLE).

On connaît, sous le nom de bouteille pouce-cube, un autre petit appareil, qui a beaucoup de rapport avec le dernier. Ainsi que son nom l'indique, c'est une petite bouteille de la capacité exacte d'un pouce cube, lorsque le bouchon est ajusté : on s'en sert pour déterminer le poids absolu du pouce cube de différens liquides.

Ces deux derniers appareils sont encore assez dispendieux, malgré leur inexactitude : ils conviennent plutôt aux amateurs qu'aux praticiens.

Le Dr Richard Davies a publié, dans les *Transactions philosophiques*, une table très-étendue des poids spécifiques des différens corps, recueillis dans divers auteurs, et tirés aussi en partie de ses propres expériences sur les échantillons nombreux rassemblés par le signor Vigani, et conservés à la Bibliothèque de Queen's-College, à Cambridge.

Brisson a depuis étendu cette table. M. Heidinger publie en ce moment une liste très-exacte des poids spécifiques des substances minérales, qui doit servir à les caractériser.

Toutes les tables de poids spécifiques devraient être accompagnées de la dilatation cubique des corps par l'effet de la chaleur; c'est une condition absolument nécessaire, pour réduire les expressions d'une température à une autre.

HYDROMÈTRE DE HOMBERG.

L'emploi des hydromètres, pour déterminer approximativement le poids spécifique des liquides, ou leur

force relative, considérée sous le rapport de leur application dans la pratique, est fort ancien. Un instrument de ce genre se trouve décrit dans le poëme de Rhemnius-Fannius Palœmon, sur les poids et mesures, et il est attribué au célèbre mathématicien Archimèdes, qui vivait plus de 300 ans avant Jésus-Christ. Cependant cet instrument tomba dans l'oubli, et le père Kircher, voyant un chimiste allemand, John Tholder, dit Basile Valentin, qui s'en servait pour déterminer la force de l'eau salée, le fit connaître de nouveau. Ces instrumens se placent à la surface du liquide dans lequel ils s'immergent plus ou moins, selon le poids spécifique du liquide; ou même on les y fait plonger à une certaine profondeur, au moyen de petits poids dont on les charge.

On a trouvé plus commode d'en construire de deux espèces : les uns devant servir à l'examen des liquides plus pesans que l'eau distillée, les autres pour les liquides plus légers.

L'hydromètre de Homberg se trouve cité par cet auteur dans un Mémoire publié dans ceux de l'Académie royale des sciences; mais on n'en trouve point la description : il paraît être semblable à celui de Baumé, à la graduation près.

Comme la pinte médicinale de Paris contenait exactement seize onces d'eau distillée à la température moyenne, les hydromètres employés par Homberg pour les liquides plus lourds ou plus légers que l'eau, étaient gradués de manière à indiquer le nombre d'onces que pesait la pinte médicinale du liquide.

On peut graduer un hydromètre de cette espèce, au moyen de l'eau seulement. Pour cela, on le ferait plonger dans l'eau avec un lest jusqu'à une marque à peu près arbitraire, que, dans le cas actuel, nous

appelons 16; on le peserait ensuite. On multiplierait ce poids par la valeur de la marque dont on cherche le lieu, et ce produit étant divisé par le nombre choisi pour désigner la hauteur de l'eau, qui est ici 16, le quotient exprimerait le poids qu'il faut ajouter ou ôter à l'hydromètre pour le faire plonger jusqu'au degré cherché.

Brisson s'est servi d'hydromètres gradués ainsi, pour déterminer les poids spécifiques des liquides, celui de l'eau étant 1000.

Montigny a décrit, dans les Mémoires de l'Académie des sciences pour 1768, la méthode de graduer les aréomètres.

PÈSE-SEL OU PÈSE-ACIDE DE BAUMÉ.

On doit à Baumé, chimiste parisien, deux instrumens fort simples, et d'une exactitude suffisante dans une infinité d'usages.

La figure 117 représente son pèse-sel, qu'on établit de la manière suivante. On introduit dans le tube une bande de papier, graduée d'une manière quelconque, qui servira à trouver la place des degrés; puis on immerge l'instrument dans de l'eau pure, à la température de 18.75 de Réaumur, en introduisant du mercure dans la boule, en quantité suffisante pour enfoncer l'instrument presque jusqu'au sommet du tube, juste à un point marqué *o* sur le papier et sur le tube. Cela fait, on l'essuie avec soin; puis on le transporte dans une dissolution saline, formée de quinze parties en poids de sel commun, parfaitement sec et exempt de corps étrangers, qu'on aura fait dissoudre dans 85 parties d'eau pure; comme la densité est ici plus grande que celle de l'eau, l'instrument y entrera moins, et une plus longue partie de la tige

sortira du liquide; on verra le point d'affleurement sur le papier, et l'on marquera alors du n° 15 ce point sur l'échelle; puis l'on divisera en 15 parties égales la distance entre o et 15; il ne reste plus qu'à porter ces degrés sur la tige de haut en bas, avec un compas; la graduation se termine ordinairement au n° 75. L'instrument, en s'enfonçant, par exemple, au 40ᵉ degré, indique précisément qu'il y a 40 parties de sel sur 100 dans la dissolution; cependant si l'on formait une dissolution de ce genre, on verrait que l'instrument ne donne qu'à peu près ce degré.

En effet, on a pris des longueurs égales sur la tige, et il arrive souvent qu'elle n'est point uniforme dans toute sa longueur; de plus, il faut l'avouer, la division de l'échelle, en parties égales, ne peut point indiquer des parties égales de sel ajoutées à la dissolution, ou, si l'on veut, la quantité de sel et les degrés ne croissent point dans le même rapport.

Pour remédier en partie à ces défauts, Baumé faisait plusieurs dissolutions salines, dont chacune donnait un niveau propre: 5 parties de sel et 95 d'eau donnaient le 5ᵉ degré; 10 de sel et 90 d'eau, le 10ᵉ degré, etc. Mais, comme l'eau ne dissout guère que le tiers de son poids de sel, on ne peut procéder de la sorte que jusqu'au 25ᵉ degré, qui résulte de 25 de sel, dissous dans 75 d'eau; cette échelle est formée de degrés inégaux, mais assez sensiblement égaux dans des espaces de 5 en 5, pour qu'on puisse la porter avec le compas un peu au-delà de 25.

La table suivante qui donne la correspondance entre les degrés du pèse-sel ou pèse-acide de Baumé, et le poids spécifique des liquides, la température étant entre 56 et 60 degrés de Fahrenheit, a été calculée par les Drs Bruymans, Driessen, Wrolik et Dei-

man, formant le comité chargé de compiler la *Pharma copœia Batavia ;* comme on n'a point deux pèse-sels qui donnent les mêmes indications, ce qui toutefois ne les empêche point d'être fort utiles dans les arts, il n'est point nécessaire de faire entrer la température dans le calcul, si elle s'éloigne peu des limites posées ci-dessus, nommément 56 et 60 degrés de Fahrenheit.

Degrés du pèse-acide de Baumé.	Poids spécifique.
0	1.000
1	1.007
2	1.014
3	1.022
4	1.029
5	1.036
6	1.044
7	1.052
8	1.060
9	1.067
10	1.075
11	1.083
12	1.091
13	1.100
14	1.108
15	1.116
16	1.125
17	1.134
18	1.143
19	1.152
20	1.161
21	1.171
22	1.180
23	1.190

Degrés du pèse-acide de Baumé.	Poids spécifique.
24	1.199
25	1.210
26	1.221
27	1.231
28	1.242
29	1.252
30	1.261
31	1.275
32	1.286
33	1.298
34	1.309
35	1.321
36	1.334
37	1.346
38	1.359
39	1.372
40	1.384
41	1.398
42	1.412
43	1.426
44	1.440
45	1.454
46	1.470
47	1.485
48	1.501
49	1.526
50	1.532
51	1.549
52	1.566
53	1.583
54	1.601
55	1.618
56	1.637

Degrés du pèse-acide de Baumé.	Poids spécifique.
57	1.656
58	1.676
59	1.695
60	1.714
61	1.736
62	1.758
63	1.779
64	1.801
65	1.823
66	1.847
67	1.872
68	1.897
69	1.921
70	1.946
71	1.974
72	2.002
73	2.031
74	2.059
75	2.087

Les expériences et les calculs qu'a faits M. Francœur sur la théorie de l'aréomètre pèse-sel ou pèse-acide de Baumé, l'ont conduit à la relation suivante, qui donne la correspondance du poids spécifique d'un liquide avec son degré, à l'instrument de Baumé. Les résultats qu'on obtient par la formule suivante, diffèrent de ceux que nous venons de donner. Soit p le poids spécifique, d le degré aréométrique correspondant, on a :

$$p = \frac{152}{152 - d}.$$

Supposons donc qu'on veuille obtenir le poids spé-

cifique d'un liquide qui marque 60 degrés à l'aréomètre, p égale alors 60 et

$$p = \frac{152}{152 - d} \text{ devient } p = \frac{152}{152 - 60} = 1.6522$$

environ, au lieu de 1.714, donné par la table.

ARÉOMÈTRE PÈSE-ESPRIT DE BAUMÉ.

L'aréomètre pèse-esprit de Baumé est construit sur le principe du pèse-sel ou pèse-acide, que nous venons de décrire; le mode de graduation est absolument le même : c'est-à-dire qu'elle se fait au moyen d'une solution de sel dans l'eau, et non en mêlant de l'eau et des esprits dans des rapports différens. La seule différence qui existe entre ces deux instrumens, est que les degrés du premier croissent de haut en bas, tandis que dans le second ils croissent de bas en haut.

La figure 118 représente le pèse-esprit : le zéro, comme on le voit, n'est plus placé au sommet de la tige; mais au bas, et au point où elle plonge dans une solution de dix parties de sel et quatre-vingt-dix d'eau pure; on le transporte ensuite dans l'eau distillée; la tige s'enfonce d'une certaine quantité, l'on marque alors le point d'affleurement qu'on nomme 10, et l'on divise la différence des deux affleuremens en dix parties égales, que l'on continue de porter avec un compas jusqu'au haut de la tige. On voit que le dixième degré du pèse-esprit correspond au zéro du pèse-sel, et que le zéro du premier correspond au dixième degré du second.

La table suivante qui donne la correspondance entre les degrés du pèse-esprit de Baumé et le poids spécifique des liquides, la température étant entre 56 et 60 degrés de Fahrenheit, a été calculée par les doc-

teurs Bruymans, Driessen, etc., formant le comité chargé de compiler la *Pharmacopœa Batava*; comme on n'a point deux pèse-esprits qui donnent les mêmes indications, ce qui toutefois ne les empêche point d'être fort utiles dans les arts ou le commerce, il n'est point nécessaire de faire entrer la température dans le calcul, si elle s'éloigne peu des limites posées ci-dessus, nommément 56 et 60 degrés de Fahrenheit.

Degrés du pèse-esprit de Baumé.	Poids spécifique correspondant.
50	0.782
49	0.787
48	0.792
47	0.796
46	0.800
45	0.805
44	0.810
43	0.814
42	0.820
41	0.823
40	0.828
39	0.832
38	0.837
37	0.842
36	0.847
35	0.852
34	0.858
33	0.863
32	0.868
31	0.873
30	0.878
29	0.884
28	0.889
27	0.895

Degrés du pèse-esprit de Baumé.	Poids spécifique correspondant.
26	0.900
25	0.906
24	0.911
23	0.917
22	0.923
21	0.929
20	0.935
19	0.941
18	0.948
17	0.954
16	0.961
15	0.967
14	0.974
13	0.980
12	0.987
11	0.993
10	1.000

La formule suivante, que nous empruntons à M. Francœur, donnera la correspondance du poids spécifique d'un liquide avec son degré au pèse-esprit de Baumé; les résultats qu'on obtient diffèrent de ceux donnés par la table.

Soit p le poids spécifique, et d le degré du pèse-esprit, on a :

$$p = \frac{146}{136 + d}.$$

Supposons, par exemple, qu'on demande le poids spécifique d'un liquide marquant 30 au pèse-esprit: ici d égale 30, et la formule, qui devient

$$p = \frac{146}{136 + 30} = \frac{146}{166},$$

donne pour résultat 0.8795, au lieu de 0.8780, donné par notre table.

Comme on se trouve souvent obligé de convertir les degrés de l'aréomètre de Baumé et ceux de l'aréomètre de Cartier, et réciproquement, nous donnerons la relation suivante entre ces deux instrumens :

Soit C le nombre de degrés de Cartier ;

B celui correspondant de l'aréomètre de Baumé : on a

$$16\,C = 15\,B + 22.$$

ARÉOMÈTRE DE FAHRENHEIT.

Au moyen des deux instrumens précédens, il ne faut, pour obtenir le poids spécifique des liquides, qu'observer la profondeur de l'instrument dans le liquide; Fahrenheit modifia cet instrument de telle sorte, qu'il obtint, avec bien plus d'exactitude, les poids spécifiques cherchés. Cette modification consiste à faire plonger l'instrument dans un liquide quelconque, au moyen de petits poids, mais toujours à la même hauteur. La figure 119 représente cet aréomètre : il se compose de deux boules de verre creuses *a b*, réunies par un tuyau cylindrique *c*; la boule supérieure *a* est surmontée d'un petit tube *d*, portant une marque *e* vers le milieu de sa hauteur; ce petit tube s'évase à son extrémité supérieure. On leste l'aréomètre avec un peu de mercure; suffisamment pour que, plongé dans l'esprit-de-vin, la marque se trouve à peu près au niveau du liquide. On le ferme alors hermétiquement, et on le pèse avec soin.

Ainsi préparé, l'instrument donne les poids spécifiques des liquides; on le laisse flotter dans l'eau distillée, prise à une température donnée; puis on le charge de poids, pour le faire affleurer jusqu'à la marque; ce dernier poids, plus celui de l'instrument,

est le poids de l'eau déplacée. On procède de la même manière pour faire affleurer, dans tout autre liquide; ce qui donne encore le poids de ce liquide déplacé; et ce dernier poids, divisé par le premier, ou par celui de l'eau, donne le poids spécifique du liquide, l'eau étant prise pour unité.

Ainsi, soit p le poids de l'instrument, plus celui dont on le charge pour le faire affleurer dans un liquide quelconque, $p \pm q$ ce poids, dans un autre liquide; appelons d'ailleurs π et π' les poids spécifiques de ces liquides. On a:

$$\frac{\pi'}{\pi} = \frac{p \pm q}{p}.$$

Si le poids de l'eau est pris pour unité, cette relation devient, à cause de $\pi = 1$,

$$\pi = \frac{p \pm q}{p}.$$

(Voyez le *Manuel d'applications mathématiques* du traducteur, page 84.)

M. Deparcieux a employé un aréomètre de ce genre pour déterminer le poids spécifique des eaux d'un grand nombre de sources en France; mais, pour lui donner plus de sensibilité, il avait augmenté son volume.

La boule n'était rien moins qu'une bouteille convexe à son fond, pour empêcher les bulles d'air de s'y loger: cette bouteille avait huit pouces de long et deux pouces de diamètre; on la lestait avec du petit plomb; elle était fermée par un bouchon bien verni, portant un fil de laiton de trente pouces de longueur et d'un douzième de pouce de diamètre, dont l'extrémité supérieure entrait dans le fond d'une petite sébile qui recevait les poids. Tout l'instrument pesait environ vingt-trois onces un quart de France.

Un cylindre, en fer-blanc, de trois pieds de long sur trois pouces de diamètre, portant une règle divisée en pouces et parties de pouce, servait à contenir les eaux soumises à l'examen. Cet instrument était d'une sensibilité telle, qu'un seul grain placé dans la sébile la faisait plonger d'un demi-pouce, ou de $\frac{1}{17428}$ du volume de l'eau déplacée.

ARÉOMÈTRE DE NICHOLSON.

L'aréomètre de Nicholson n'est qu'une modification faite à celui de Fahrenheit, dans le but de l'appliquer à la recherche des poids spécifiques des substances solides, aussi bien que des liquides.

La figure 120 représente cet instrument : *e* est une balle de cuivre creuse, et de laiton; *e* une petite cuvette fixée à cette balle; *a* est une autre cuvette attachée à l'autre extrémité de la balle ; la tige *d* a $\frac{1}{40}$ de pouce de diamètre : elle est d'acier parfaitement dur; la cuvette *e* est assez lourde pour maintenir toujours la tige verticalement quand on fait flotter l'instrument dans un liquide; la balle est assez grande pour qu'on soit obligé d'ajouter une ou deux onces dans la cuvette supérieure *b*, afin qu'une marque faite vers le milieu de la tige *m*, vienne affleurer le niveau du liquide, lorsqu'on plonge l'instrument dans de l'eau distillée à la température de 60° de Fahrenheit; on détermine alors bien exactement ce poids et celui de l'instrument.

Voyons maintenant comment on détermine le poids spécifique d'un liquide, sans action sur le métal; on y plonge l'instrument, et l'on fait entrer dans la cuvette supérieure une quantité de poids suffisans pour que le niveau du liquide vienne affleurer la marque ; alors, comme le poids connu de l'instrument, ajouté à celui nécessaire pour le faire plonger dans l'eau, est à ce

poids connu, plus celui ajouté pour produire le dernier affleurement, comme le poids de la quantité d'eau déplacée est au poids d'un égal volume du liquide qu'on examine; alors, disons-nous, le premier poids, divisé par le second, donne le poids spécifique, comme avec l'instrument de Fahrenheit.

Toutes ces relations sont exprimées beaucoup plus commodément par la formule suivante, dont on peut encore faire usage ici (Voyez l'ouvrage cité.)

Soit a le poids de l'instrument, l la charge qui produit l'affleurement dans l'eau, λ le poids qu'il faut ajouter ou ôter, pour le produire dans le liquide qu'on examine, et P le poids spécifique de ce liquide; on a;

$$P = \frac{a + l \pm \lambda}{a + l} = 1 \pm \frac{\lambda}{a + l}.$$

Montrons l'emploi de cette formule par un exemple:

L'aréomètre pèse 45 unités de poids quelconque; il a fallu placer 11.54 de ces poids dans la cuvette supérieure pour produire l'affleurement dans l'eau, et 5.19 seulement pour l'affleurement dans le liquide; c'est-à-dire qu'il a fallu ôter de la première charge une quantité $\lambda = 6.35$.

$$P = \frac{a + l - \lambda}{a + l} \text{ devient donc}$$

$$= \frac{45 + 11.54 - 6.35}{45 + 11.54} = \frac{5019}{5654} = 0.8877.$$

Tel est le poids spécifique du liquide, celui de l'eau étant l'unité.

S'agit-il d'obtenir le poids spécifique d'un corps solide pesant moins que la charge nécessaire pour faire affleurer l'instrument dans l'eau, placez l'aréomètre dans l'eau distillée, et le corps dans la cuvette supé-

rieure *b*. Ajoutez, dans cette même cuvette, le poids nécessaire pour faire affleurer l'instrument; retranchez ce dernier poids de celui nécessaire pour plonger l'aréomètre dans l'eau jusqu'à la marque; la différence sera le poids du corps dans l'air; placez ensuite le corps dans la cuvette inférieure *e*, et ajoutez des poids dans la cuvette supérieure, pour produire de nouveau l'affleurement; le dernier poids ajouté sera la perte produite par l'immersion; elle est égale à celui du volume d'eau déplacé : par conséquent, on obtient le poids spécifique du solide, en divisant son poids dans l'air, par la perte faite dans l'eau; ou bien, soit k le poids placé dans la cuvette supérieure pour produire l'affleurement; on ôte ce poids, et on y substitue le corps, plus le poids l, pour produire l'affleurement; enfin, on place le corps dans le bassin inférieur, et l'on ajoute un poids m pour produire encore l'affleurement; et l'on a, appelant P le poids spécifique du solide :

$$P = \frac{k-l}{m-l};$$

et si p désigne le poids du corps dans l'air, et n la perte que le corps a faite de son poids dans l'eau, on a

$$p = k - l, \text{ et } n = m - l;$$

d'où,

$$P = \frac{p}{n}.$$

(Voyez l'ouvrage cité plus haut.)

Comme la tige de cet instrument n'a que $\frac{1}{40}$ de pouce de diamètre, elle s'élevera ou s'abaissera d'un pouce environ par la soustraction ou l'addition de $\frac{1}{10}$ de grain; de sorte qu'il indiquera des variations de poids moindres de $\frac{1}{20}$ de grain, ou de $\frac{1}{62000}$ du tout : on obtiendra donc

cinq figures exactes dans l'évaluation des poids spécifiques.

M. Charles a imaginé de renverser la cuvette inférieure, au moyen d'un crochet placé à son fond, pour le cas où l'on a à prendre le poids spécifique d'un solide plus léger que l'eau; on conçoit que la cuvette, ainsi renversée, éprouve, de la part du solide, une pression de bas en haut, et il faut alors moins de poids pour faire plonger l'aréomètre.

Une autre personne, enfin, adapta une petite pointe à l'instrument, pointe qui entrait dans les bois légers qu'elle voulait soumettre à l'expérience.

ARÉOMÈTRE DE GUYTON-MORVEAU.

Cet aréomètre est encore une modification faite à l'instrument de Fahrenheit, par le célèbre Guyton-Morveau. Il est en verre, et porte deux cuvettes, comme l'aréomètre de Nicholson; le corps est cylindrique, et tient à la cuvette supérieure par une tige déliée, portant en son milieu la marque d'immersion; la cuvette inférieure se termine en pointe; elle est attachée au cylindre par deux branches. Ce cylindre, dans l'instrument même de M. Morveau, avait 6.85 pouces de longueur, et 0.71 de pouce de diamètre. La cuvette supérieure exigeait un poids de 115 grains pour faire affleurer l'instrument.

M. Guyton-Morveau avait ajouté à cet appareil une autre pièce, qu'il appelait le lest: c'était un petit morceau de verre égal au poids additionnel de 115 grains, plus celui du volume d'eau déplacé par ce lest. C'est toujours dans la cuvette inférieure qu'on plaçait ce morceau de verre, lorsqu'on s'en servait; de sorte que l'instrument affleurait tout aussi bien, soit qu'on plaçât

115 grains dans la cuvette supérieure, soit qu'on plaçât le lest dans la cuvette inférieure.

La figure 121 représente cet aréomètre : *a* est la cuvette supérieure; *b* la cuvette inférieure ; *c* la marque d'affleurement faite sur une petite pièce de verre placée dans l'intérieur de la tige ; *x* est le lest qu'on introduit dans la cuvette inférieure pour les expériences sur les liquides dont la densité est plus grande que celle de l'eau : l'aréomètre se plonge dans un vase cylindrique rempli d'eau, dans laquelle il s'immerge jusqu'en *c*; on doit choisir un vase d'une profondeur suffisante, pour que l'aréomètre flotte librement jusqu'au niveau de la marque ou au-dessus d'elle, sans qu'il soit possible que le fond de la cuvette supérieure descende jusqu'à la surface de l'eau.

Cet instrument, vu sa fragilité, doit être placé dans une boîte dont la face intérieure portera sur un papier qu'on y aura collé, le poids de l'instrument avec et sans le lest, et le volume d'eau qu'il déplace dans l'un et l'autre cas. Il est souvent nécessaire de connaître ces nombres avec exactitude.

Cet instrument sert aussi bien aux solides qu'aux liquides ; il ne diffère guère de l'aréomètre de Nicholson, qu'en ce qu'il est de verre ; la seule condition à observer, lorsqu'on s'en sert, c'est que le poids absolu du corps qu'on examine soit plutôt moindre que le poids constant additionnel qui était, dans l'instrument de M. Morveau, de 115 grains.

Pour les liquides d'une densité inférieure à celle de l'eau, l'instrument sans le poids additionnel donné ci-dessus, pesait environ 459 grains avec les dimensions décrites. On conçoit qu'il serait facile de diminuer ce poids ; on a donc un cinquième de flottaison ; ce qui donne les moyens de déterminer toutes les den-

sités intermédiaires entre l'eau et l'alcool le mieux rectifié qui, comme on le sait, est à l'eau sous ce rapport comme 8 à 10.

Veut-on examiner des liquides d'une plus grande densité que l'eau, on place dans la cuvette inférieure un poids constant additionnel ou lest qui, dans l'instrument de M. Morveau, pesait 138 grains, l'instrument peut alors recevoir dans la cuvette supérieure plus de quatre fois le poids additionnel de la cuvette inférieure sans perdre sa position verticale. Dans cet état il donne les poids spécifiques des acides les plus concentrés.

Il a encore ce rapport avec l'instrument de Nicholson, qu'il peut servir de balance et donner le poids absolu des corps qui n'excède point son poids additionnel. Il peut donc servir à déterminer : 1° le poids spécifique des solides dont le poids absolu est moindre de 115 grains; 2° celui des liquides d'une densité moindre que celle de l'eau; 3° celui des liquides d'une densité plus grande que celle de l'eau; 4° le poids absolu des corps pesant moins de 115 grains; 5° la contraction et la dilatation de l'eau rapportées à son volume primitif, son degré de pureté étant préalablement connu.

Pour obtenir le poids spécifique d'un solide, on le placera dans le bassin supérieur, et l'on ajoutera des poids jusqu'à ce que la marque affleure le niveau de l'eau ou de tout autre liquide qu'on jugera à propos d'employer; retranchez la somme de ces poids de 115 grains, la différence est le poids absolu du solide, multipliez cette différence par le nombre qui représente le poids spécifique du cylindre, et prenez note du produit; placez alors le solide dans le bassin inférieur, et ajoutez des poids dans le bassin supérieur

pour produire l'affleurement; retranchant ces poids additionnels des poids additionnels que vous aviez ajoutés lorsque le corps était dans le bassin supérieur, vous aurez une différence qui sera la perte de poids produite par l'immersion ; enfin, divisez le produit que vous aviez noté par cette perte de poids, et le quotient sera le poids spécifique du solide relativement à celui du liquide dans lequel vous l'aurez plongé. Ceux qui préfèrent le langage simple et concis de l'algèbre aux longues phrases du langage ordinaire, pourront se servir de la formule suivante, qui n'est autre que celle déja donnée.

$$P = \frac{k - l}{m - l}.$$

Si l'on a plongé le corps dans l'eau et que l'unité représente la densité de ce liquide;

Si l'on a employé un autre liquide que l'eau, et que A soit le nombre qui représente la densité ou le poids spécifique de ce liquide, la formule devient alors

$$P = \frac{A\,(k - l)}{m - l} = \frac{A\,p}{n},$$

en conservant les mêmes appellations que ci-dessus.

Pour trouver le poids spécifique d'un liquide, on y plonge l'aréomètre, et, prenant note du poids nécessaire pour produire l'affleurement, on ajoute ce poids à celui de l'instrument; puis, ajoutant, d'une autre part, le poids de l'aréomètre au poids additionnel nécessaire pour le faire affleurer dans l'eau distillée, l'on divise la première somme par la seconde : le quotient qu'on trouve est le poids spécifique du liquide.

Le poids additionnel ou le lest qu'on place dans le bassin inférieur pour l'examen des liquides plus denses

que l'eau, exige quelques attentions pour s'accorder parfaitement, sous le rapport de l'immersion, avec le poids constant, placé dans le bassin supérieur; mais on parvient à ce résultat par un ajustement fait avec soin.

On donne au verre une forme convenable en l'usant; puis, on le diminue progressivement jusqu'à ce qu'enfin, placé dans le bassin inférieur, son immersion amène aussi exactement l'affleurement dans l'eau distillée à une température et sous une pression donnée, que pourrait le faire le poids constant additionnel, placé dans le bassin supérieur, et qui était 115 dans l'instrument de Morveau.

GLOBULES ARÉOMÉTRIQUES.

On s'est long-temps servi d'un œuf frais ou d'un morceau d'ambre qu'on faisait flotter dans une dissolution saline pour s'assurer de son degré de concentration, et voir, sans autre examen, si elle était suffisamment évaporée pour la cristallisation.

Le Dr Wilson, professeur d'astronomie à l'université de Glascow, partant de cette idée, proposa de mesurer le poids spécifique des liquides avec une série de petites balles de verre ou sphères creuses, différant l'une de l'autre quant au poids spécifique. Si l'on projette dans le liquide une certaine quantité de ces globules, tous ceux qui sont plus lourds tombent au fond, ceux au contraire qui sont plus légers flottent à la surface.

MM. Lovi ont beaucoup perfectionné ces petits instrumens : ils sont employés aujourd'hui par les premiers distillateurs et manufacturiers.

Ces globules sont renfermés dans des boîtes qui en contiennent différentes quantités, selon l'usage

auquel on les destine, ils sont numérotés de deux en deux unités du troisième ordre dans l'évaluation du poids spécifique ; ils portent, par exemple, 920, 922, 924, 926, etc., etc.

Trente de ces globules suffiront pour l'examen des esprits; la série complète pour les liquides, depuis l'éther jusqu'à l'acide sulfurique le plus concentré, est d'environ trois cents; comme ils portent à leur surface le nombre qui indique leur poids spécifique respectif, il suffit d'en jeter une petite poignée dans le liquide; celui de ces globules qui restera en équilibre dans le milieu, sans s'élever à la surface, ni sans tomber au fond, porte le numéro qui indique le poids spécifique de ce liquide. Ces globules sont accompagnés d'une règle à calcul et d'un thermomètre, pour faire les corrections de température, et trouver la force des esprits exprimée dans le langage des marchands et des employés de l'octroi.

Cette espèce d'aréomètre est véritablement fort commode, mais il est assez dispendieux; il est vrai que, si un aréomètre ordinaire s'endommage d'une manière ou d'une autre, il est presque impossible d'y remédier; tandis qu'on remplacera facilement les petits globules qu'on pourrait perdre, et qu'on peut même déterminer le poids spécifique d'un liquide, avec une exactitude suffisante dans bien des cas, quand même il manquerait un ou même deux globules de la série.

On a évalué ainsi la densité de quelques solutions que l'on fait évaporer en grand. L'eau de mer, par exemple, dans les salines est concentrée par l'exposition à l'air, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une certaine densité : on s'en assure au moyen de deux boules de verre disposées à cet effet, dont l'une est d'un poids spécifique un peu moindre; et l'autre, d'un poids spé-

cifique un peu plus considérable que celui de la solution, telle qu'elle peut être employée. M. Loudon s'est aussi servi de ce moyen, et il est clair que dans tous les cas, si, ces deux bulles s'enfoncent, le liquide n'est point assez concentré; si toutes deux flottent à la surface, il l'est trop : elle peut être employée lors que l'une flotte et que l'autre reste au fond.

APPAREILS A PULVÉRISER.

Piler les corps est le moyen qu'on emploie le plus souvent pour réduire les solides à un état de division convenable; le chimiste doit donc se munir de mortiers de différentes espèces. Il emploiera des mortiers et pilons de verre, de bois, d'acier, de marbre, de pierres siliceuses, de porcelaine, selon la nature de la substance qu'il veut pulvériser; les mortiers de verre serviront à la trituration des sels corrosifs, tandis que pour les herbes, les racines ou autre substance végétale, qu'il suffit presque de presser sous le pilon, des mortiers de buis ou de chêne seront bien suffisans.

Il est à peine utile de faire remarquer que pour que la substance soit, autant que possible, soumise à l'action du pilon, le fond du mortier doit être concave; les côtés, d'ailleurs, ne doivent point être assez inclinés pour que la substance ne puisse pas retomber à chaque coup sous le pilon, ni si perpendiculaires, que les parcelles viennent toutes ensemble se ramasser au fond du mortier; avec de telles dispositions, l'opération serait infiniment plus longue.

Les pilons doivent, autant que possible, être d'un seul morceau et d'une seule substance. Il arrive quelquefois qu'on leur adapte un manche en bois : c'est un défaut; car il est rare que le mortier qui sert de ciment

ne se détache point un peu, et elle se mêle alors avec la substance qu'on pulvérise.

Les plus grands mortiers de fonte qu'on appelle les mortiers d'atelier, sont toujours recouverts de couvercles de bois pour empêcher les parties les plus fines ou les plus légères de s'échapper, et pour défendre l'opérateur contre les substances nuisibles ou seulement désagréables.

On y parvient encore mieux en attachant un morceau de cuir flexible autour du pilon et du mortier; cette pièce de cuir doit être fortement attachée, et être tout à la fois assez grande pour donner du jeu au pilon. Il est des cas où il devient nécessaire pour l'opérateur de se couvrir la bouche et les narines d'un linge mouillé, et de tourner le dos à un fort courant d'air qui chassera loin de lui les poussières délétères qui pourraient gravement l'incommoder.

Dans le but de diminuer la fatigue, on attache presque toujours le pilon des grands mortiers à l'extrémité d'une longue perche de bois fixée horizontalement au plafond par l'autre bout; l'élasticité de cette perche suffit pour relever le pilon de bas en haut après le coup, et il ne reste plus à l'opérateur que le soin de le diriger de haut en bas pour frapper la substance.

Les mortiers d'acier servent à pulvériser le diamant et les autres pierres précieuses, ils ont alors une chambre cylindrique dans laquelle on introduit un pilon de même forme et de même matière : on place d'abord la pierre dans la cavité, puis on y introduit le cylindre, sur lequel on frappe avec un marteau, jusqu'à ce qu'on l'ait réduite en une poudre aussi fine qu'on le désire.

Les mortiers de bronze avec pilons en fer sont ce

qu'il y a de meilleur pour les usages généraux; on les préfère aux mortiers de fer, parce qu'ils sont plus durs et ne se rouillent point. Quant aux pilons et mortiers de cuivre, ils ne peuvent guère servir que pour le sucre et les épices; on les préfère, dans les cuisines, aux mortiers de bronze, sans doute à cause de leur belle couleur d'or.

Les mortiers et pilons de marbre blanc sont très-bons pour pulvériser les sels; on les préfère aussi pour les émulsions blanches; mais on ne doit point employer le même mortier ni le même pilon pour ces deux différens usages.

Pour mélanger des pâtes avec des matières gommeuses, on emploie des mortiers de marbre de couleur, avec des pilons de bois dur, qui permettent à l'opérateur de frapper avec une certaine force, sans craindre de briser le mortier; comme d'ailleurs ces substances tachent toujours le mortier, le marbre coloré est préférable au marbre blanc.

On emploie de plus grands mortiers de cette sorte, ou même de bois, avec des pilons de même matière, pour écraser la pulpe des végétaux, ou la battre avec le sucre ou autres matières semblables. Les mortiers de verre, avec pilons de même substance, ne servent guère qu'à triturer les poudres, à les mêler, et les faire dissoudre dans des liquides froids.

Les mortiers de faïence de Wedgewood, avec pilons de même substance, ne conviennent pas plus à la pulvérisation des corps durs; ils sont excellens, au contraire, et préférables à ceux de verre, pour mêler des poudres par le frottement et les faire dissoudre dans des liquides chauds.

Les mortiers d'agate, avec pilons de même substance, sont nécessairement très-petits: ils ne convien-

nent nullement à la pulvérisation. On les emploie pour moudre les poudres les plus dures, telles que celle des pierres qu'on analyse, les verres pour les émaux et la peinture sur verre, et les couleurs métalliques les plus dures pour la peinture sur verre. Les pilons de ces mortiers sont souvent fixés à un manche de bois, de sorte qu'ils ont la forme d'un marteau.

Il faut toujours avoir présent à l'esprit qu'en pulvérisant un corps dur, la friction use le mortier aussi bien que la substance pulvérisée; il est donc nécessaire, dans les expériences délicates, de peser le corps avant et après la pulvérisation, et de reconnaître l'accroissement de poids.

On emploie encore des mortiers d'une très-grande dimension dans le travail des mines, comme nous le verrons dans la partie de cet ouvrage qui en traite.

MOULINS A DROGUES.

Lorsqu'une grande quantité de substance doit être pulvérisée, on emploie alors les moulins à drogues.

La figure 122 représente les meules ordinaires, *a b*. Ce sont deux pierres dures, cylindriques, placées de champ sur une autre pierre horizontale *d*, qu'on appelle le lit; ce lit repose sur une maçonnerie assez solide pour résister à la pression des meules; on les fait rouler au moyen de l'arbre *e*, traversé par l'essieu des meules, arbre qui reçoit son mouvement de rotation de la roue dentée *f*; leur poids portant en entier sur la contre-meule *d*, elles écrasent, en les froissant, les matières qui y sont répandues. Le trou qui reçoit l'axe des meules est allongé dans le sens vertical, de sorte qu'il leur laisse assez de jeu pour s'élever, lorsque l'épaisseur des substances qu'elles doivent écraser est considérable.

Les meules doivent pouvoir pulvériser les drogues, indépendamment de leur poids et par l'effet unique d'une espèce de froissement sur le lit. On obtient cet effet en donnant aux cylindres *a b* une épaisseur très-grande, et leur faisant d'ailleurs parcourir un fort petit cercle; il en résulte que le bord de la meule qui est plus près de l'arbre décrivant un plus petit cercle que le bord le plus éloigné, parcourt dans le même temps un espace moindre que celui-ci; mais comme toutes les parties de largeur de cette meule se meuvent avec la même vitesse autour de son axe propre, quelques parties doivent nécessairement *frotter* sur le lit, le bord extérieur ayant un mouvement progressif plus lent que celui qu'il acquerrait par le simple contact avec lui, et le bord intérieur se mouvant un peu plus vite. Cette circonstance favorise beaucoup la mouture, et la matière étant constamment dérangée, elle ne peut se former en gâteau.

Ces meules pourront réduire les substances en une poudre presque impalpable, par une action suffisamment prolongée; et la lévigation de corps quelconques, même les plus durs, pourra s'effectuer en montant sur la machine des meules d'un poids proportionné à leur dureté.

Tous les moulins à drogues sont munis de plusieurs paires de meules de différentes grandeurs; elles ont l'avantage, étant en pierre, de pouvoir se nettoyer facilement. Lorsqu'on veut moudre une substance nouvelle, on déblaie d'abord les meules et le lit avec soin, puis on soumet à leur action, pendant quelques minutes seulement, ou du son bien sec, ou de la sciure de bois; ce qui les débarrasse entièrement des parcelles de substance qui pourraient y rester adhérentes.

M. Maurice de Jonge a ajouté des ratissoires à la partie postérieure des meules de son moulin à broyer;

et au-delà de la route parcourue par les rouleaux, il a pratiqué un ou deux réceptacles, dans lesquels il introduit des tiroirs recouverts par des pièces percées de 70 trous environ par pouce carré, et qui font l'office de tamis. Ces tiroirs reçoivent les parties les plus ténues de la substance; ce qui facilite la mouture et empêche les parties ténues de se réduire à l'excès, ce qui n'est point toujours nécessaire.

GLOBE ROULANT D'ECKHARDT. (ECKHARDT'S ROLLING GLOBE.)

La figure 123 est une section d'une autre espèce de machine à pulvériser, de l'invention d'Eckhardt. La meule ou rouleau *a* a presque la forme d'une bouteille; elle est placée sur un axe incliné *b*, maintenu par la pièce horizontale *f* en *g*, qui tourne sur le pivot *c*. On fixe une grande roue d'engrenage à la partie supérieure *f*, pour faire tourner la machine; le lit *h h* est creusé, comme on le voit dans la figure, pour recevoir la substance. On parvient, à l'aide de cette machine, à réduire les drogues en une poudre impalpable; mais il faut pour cela un certain temps. Le rouleau ne doit point être trop lourd, afin qu'on puisse le mouvoir plus facilement.

MOULINS A TABAC.

La figure 124 représente un autre appareil de lévigation : *a b* est une espèce de mortier conique en fonte, terminé par un fond hémisphérique; il reçoit un pilon de fer *d*, légèrement conique, et terminé de même par un bout sphérique, afin de mieux s'adapter au mortier; il porte à son extrémité supérieure un poids assez lourd *e*.

On jette dans le mortier *a b* les substances qu'on

veut triturer, mais en quantité peu considérable; alors le pilon, tournant tout autour du mortier, roule successivement sur toutes les parties de la surface intérieure du cône, et réduit les drogues en poudre par sa pression et celle du poids *e*. Ce pilon reçoit le mouvement d'un axe *f*, placé de manière à ce qu'il coïncide avec le prolongement de l'axe du cône *a b*, et par le moyen d'un pignon mu par la grande roue *h* du moulin. On voit à l'extrémité inférieure de l'axe un bras *c*, qui entre dans le bout du pilon; alors, quand l'axe tourne, il entraîne le pilon tout autour du mortier : mais, pour lui permettre d'agir suivant la quantité de matière que celui-ci contient, l'anneau *c* ne s'adapte pas exactement au manche du pilon; mais on fixe une pièce *k* dans l'extrémité supérieure du pilon, pièce qu'on voit dans la figure de côté.

Cette machine est surtout employée en Angleterre par les manufacturiers de tabac, et elle réduit effectivement toute espèce de drogues en une poudre impalpable, à cause de l'agitation constante dans laquelle elle les maintient. Comme le pilon, en roulant, passe à chaque instant sur une nouvelle surface, aucune partie ne peut échapper à son action. Cette agitation est due à l'extrémité inférieure du pilon, qui soulève la poudre qui pourrait se former en gâteau du côté opposé.

M. Gill, considérant que, dans ce mode d'action des pilons, une grande partie de la force était perdue, a proposé de fixer le pilon d'une manière convenable, et de faire mouvoir le mortier sur un axe vertical, au moyen d'un pignon et d'une roue dentée.

On peut employer l'un ou l'autre de ces moyens pour moudre les drogues. On s'est surtout servi de cette machine pour le tabac; elle a beaucoup d'analogie avec les moulins à huile et à cannes des Indes orientales,

et il est probable que l'idée de faire frotter les pilons dans les mortiers nous a été transmise par quelque personne qui avait eu l'occasion de voir les moulins à huile dans les Indes.

Quoique les Anciens connussent l'usage de l'opium, et autres drogues qu'ils employaient pour apaiser les douleurs de la faim lorsqu'ils voyageaient dans les déserts, il ne paraît pas qu'ils aient eu aucune idée du plaisir produit par les stimulans connus sous le nom de poudres sternutatoires ou tabac. C'est aux indigènes de l'Amérique que nous devons cet usage.

Dans l'origine, on prenait le tabac avec de petites cuillères attachées au bouchon même de la bouteille qui le contenait. Je ne sais si les priseurs n'ont pas fait faire un pas rétrograde, en se servant de leurs doigts pour porter cette poudre aux narines. Ils ont naturellement été obligés de remplacer les bouteilles par les tabatières; et ces bouteilles servent aujourd'hui pour le poivre de Cayenne.

Bien que l'usage du tabac à priser soit depuis longtemps sur le déclin en Angleterre, cependant le commerce auquel il donne lieu est encore fort considérable.

MOULIN A BOULETS. (CANNON BALL-MILL.)

La figure 125 représente une machine également applicable à la trituration des substances, ou qui peut servir à celles qu'on réduit à une demi-fluidité : telles que les couleurs ou autres préparations. Le grand objet est ici de produire un mélange intime de la substance avec le liquide : *a* est une auge de fer circulaire, dont le fond peut recevoir trois ou quatre gros boulets *b*; ces boulets sont poussés par les fourchettes *c*, mues elles-mêmes par un axe vertical *d*.

Pour les substances sèches, ces fourchettes sont assez

longues pour toucher le fond de l'auge et ramasser la substance derrière le boulet, condition très-essentielle pour obtenir des poudres impalpables; car lorsque les substances sont arrivées à un certain degré de finesse, la pression les forme en gâteaux et s'oppose à la pulvérisation.

L'axe vertical est mu par la roue d'angle *e*, engrenant dans une autre roue d'angle *f*, ayant pour axe l'arbre horizontal, qui d'un côté porte la manivelle sur laquelle s'exerce l'ouvrier, qui peut n'être qu'un enfant; sur l'autre extrémité de l'arbre est fixé le volant, qui sert à régler le mouvement du moulin.

MOULIN DE LANGELOTTE.

Le Dr Joel Langelotte, du Holstein, fit publier, dans les *Transactions Philosophiques*, la description d'une machine qu'il inventa, dans le but de remplacer les mortiers, et d'obtenir une pulvérisation plus parfaite.

Le mortier *a* figure 126, était fixe entre les supports et la tige du pilon, qui était verticale; il était mu circulairement par un tambour *b*, qui recevait lui-même son mouvement d'une roue dentée *c*, mue par une manivelle; le gros bout sphérique du pilon portait une gouttière, en travers, ou même deux, placées à angles droits, dans laquelle la poudre venait tomber, pour être ensuite soumise à son action; afin d'augmenter cette action, son extrémité supérieure était surmontée d'un poids *e*, plombé, proportionnel à l'effet qu'on désirait obtenir.

Ce moulin est encore aujourd'hui en usage à Manchester, pour triturer l'indigo. Le mortier et le pilon sont l'un et l'autre en marbre. On se contente de donner un axe de fer au pilon; le mortier est recouvert de deux plateaux échancrés, qui laissent passer la tige

du pilon, et empêchent les substances pulvérisées d'en sortir.

TRITURATEUR DU DOCTEUR LEWIS.

La figure 127 représente un petit moulin à triturer, dont il paraît que le Dr Lewis a fait usage.

Le mortier porte un rang de dents, sur son bord, qui engrènent dans le tambour, dont l'axe coïncide avec celui de la sphère, qui sert de pilon ; ce tambour est mu par une manivelle : il y a donc un double mouvement, le pilon se mouvant d'un sens, pendant que le mortier tourne horizontalement de l'autre; ils ont, de plus, l'un et l'autre, un certain frémissement qui provient de la manière peu solide avec laquelle le mortier tient à la table. Il paraît que cette petite machine est très-convenable à l'usage auquel on l'emploie. Le mortier et le pilon sont, suivant les cas, ou de fonte, ou de faïence de Wedgewood.

DU PLATEAU ET DE LA MOLLETTE.

Nous ne faisons mention ici de cet appareil, bien connu, au moyen duquel on *porphyrise* les corps, comme on le dit, que pour rappeler au chimiste qu'il doit préférer les tables, ou plateaux de granit, à celles de marbre, soit qu'il se propose de mêler des poudres ou des substances grasses.

On pourrait peut-être encore se servir avec avantage, pour mélanger les poudres sèches, des blutoirs à brosses de Congrève, qu'il a proposés pour la fabrication de la poudre à canon, invention pour laquelle il a pris une patente en 1815. Cet instrument épargne les tamisages répétés.

Il place ses trois blutoirs dans un châssis; et au fond de chacun des blutoirs, une brosse cylindrique, de trois

pouces de diamètre et de six à huit pouces de long, est disposée sur un axe, dans une ouverture oblongue de même dimension; de sorte que la poudre repose sur la brosse cylindrique, la fait se tourner avec des vitesses différentes; au moyen de roues et de lanières de cuir, des courans de poudre s'échappent et viennent tomber sur la table au mélange, qui n'est autre chose qu'une large bande de cuir sans fin, mue par la même machine qui jette la poudre à son extrémité dans un autre blutoir, muni d'une grande brosse cylindrique, dont la moitié inférieure agit contre un tamis serré, de fil métallique.

APPAREILS A FILTRER.

Le moyen le plus généralement employé pour clarifier les liquides, est la filtration. On ne peut l'effectuer que lorsque les substances à séparer sont insolubles l'une dans l'autre; et, dans presque tous les cas, l'une doit être liquide et l'autre solide : c'est une espèce de tamisage. Le filtre doit donc être fait avec des corps perméables aux liquides : on fait usage, suivant les circonstances, de papier non collé, de flanelle, de filasse, de sable, de verre pulvérisé, de silex, de pierre poreuse, de charbon, etc.

DES FILTRES EN PAPIER.

Le papier, comme on le sait, sans doute, est un tissu formé de fibres végétales qui ont subi diverses préparations. Les filamens de ces fibres sont entremêlés de telle sorte, qu'ils laissent entre eux des pores dont la ténuité est toujours en rapport avec l'état où se trouvait la pâte au moment où elle a été convertie en papier.

Le grand art consiste à choisir une espèce de papier tel que les pores permettent au liquide de le traverser sans laisser passer les molécules en suspension, et qui troublent sa transparence.

Deux sortes de papiers ont été jusqu'ici employés, quoiqu'ils n'aient point toute la perfection désirable : ce sont les papiers brouillards et les papiers blancs fins, non collés.

Les liquides filtrés au papier blanc sont toujours transparens; mais ce papier manque de force; ses pores s'obstruent facilement; de sorte que la filtration devient fort lente.

Le papier gris peut être employé plus long-temps, en conservant toujours au liquide sa transparence; mais comme la pâte dont il est fait est toujours moins pure que celle du papier blanc, il communique quelquefois au liquide un goût désagréable, qui provient de la solution d'une partie des substances qui le composent. Ceci explique le goût et l'odeur qui frappent toujours un gourmet, lorsque le lait, le vin, les liqueurs spiritueuses et autres boissons ont été filtrés avec le papier gris. Il paraît donc que, parmi ces liquides, il en est quelques-uns qui deviennent plutôt aptes à se gâter ou se détériorer, que s'ils avaient été filtrés au papier blanc.

La nature du papier demande la plus grande attention, lorsqu'il s'agit de filtrer des solutions salines; il arrive souvent qu'en employant le papier gris, une partie de sa substance se dissout par leur action, de sorte que le liquide perd beaucoup de sa pureté; cet inconvénient, que présente à un moindre degré le papier blanc, peut encore être diminué, en n'employant que des filtres lavés préalablement et à plusieurs reprises avec de l'eau bouillante. Le chimiste doit tou-

jours avoir en réserve un certain nombre de ces filtres.

M. Josse a remarqué que la partie séreuse du lait clarifiée et filtrée au papier blanc, tous les jours, pouvait se conserver pendant plus d'une quinzaine ; ce qui n'avait point lieu en employant le papier gris, même lavé.

Par un effet diamétralement opposé, quelques sucs végétaux sont devenus transparens, et se sont parfaitement conservés, sans tourner à l'aigre, en les filtrant tous les jours au papier gris ; on a seulement remarqué que leur couleur devenait plus intense, les premiers jours, et qu'ils se décoloraient ensuite graduellement.

Pour qu'un filtre de papier produise tout son effet, il ne faut point qu'il adhère trop fortement à l'entonnoir qui le maintient, autrement la filtration serait bientôt interrompue. On remédie à cet inconvénient par différentes dispositions, qui ont pour but d'empêcher le contact du filtre et de l'entonnoir : les uns emploient des baguettes de verre, qu'ils placent le long de l'entonnoir, avant d'y introduire le filtre ; d'autres se servent de brins de paille ; on préfère, cependant, ployer ce papier de manière à ce que les plis forment des cannelures. A cet effet, après avoir doublé le papier, ou l'avoir reployé sur lui-même, chaque moitié est pliée en quart, et chaque quart en huitième. Les plis étant tous du même côté, et disposés en rayons, chaque huitième est ensuite divisé par moitié, par un pli en sens contraire; on coupe ensuite les angles saillans du haut de la feuille, et l'on déploie, en séparant les plis les uns des autres, mais sans déformer les arêtes; il faut avoir le soin de ne pas ployer le papier jusqu'à la pointe, mais de s'arrêter à un demi-pouce environ au-dessus; sans cela, cette partie serait tellement éraillée par la réunion des plis, qu'elle ne pourrait plus supporter la pression

du liquide. On s'est encore servi d'entonnoirs cannelés à l'intérieur.

Mais il existe un moyen bien plus commode, et qui peut servir également pour les petites et pour les grandes quantités : on emploie des passoires en terre d'une dimension proportionnée à leur destination, et percées d'un grand nombre de trous d'un plus grand diamètre que ceux des passoires dont on se sert dans les ménages. La passoire de la plus grande dimension ne doit cependant pas excéder celle du papier à filtrer, qui doit la recouvrir; et avec cet appareil on se sert d'un entonnoir de verre, dont la bouche doit être plus grande que la passoire, puis d'un support qui sert à maintenir cette dernière au-dessus de l'entonnoir. Lorsque cette espèce de filtre n'est point destiné à purifier un liquide, mais à séparer un sédiment ou un précipité de sa liqueur, où toutes les fois qu'on filtre des liqueurs alcalines, on devra placer au-dessous un linge de la grandeur du papier; de cette manière on filtrera aussi promptement que commodément.

Ce qu'on emploie ensuite de plus commode, sont de grands entonnoirs de verre, pourvu toutefois que le papier se trouve soutenu vers le fond par un peu de coton, légèrement pressé; mais cette méthode ne doit point être préférée à celle que nous venons d'indiquer; si le papier n'est point d'une bonne qualité, il arrive souvent qu'il crêve, et il faut alors recommencer l'opération.

Lorsqu'on veut rassembler une petite quantité de précipité, et qu'il est nécessaire d'en déterminer le poids avec exactitude, on coupe le papier d'une dimension convenable, on le place devant le feu; puis, quand il est suffisamment échauffé, on en graisse toute la surface avec du suif, à l'exception d'un petit espace

circulaire au centre, qui devient la pointe du filtre, lorsqu'il est ployé. La filtration terminée, on fait descendre la partie du précipité qui pourrait s'être attachée aux parois du filtre, en dirigeant sur cette partie, et au moyen d'un entonnoir, un petit courant d'eau ou de tout autre liquide, jusqu'à ce que tout le précipité soit rassemblé dans le fond.

FILTRES DE FLANELLE.

On se sert beaucoup de filtres de flanelle; ils ont la forme d'un cône, dont la base est maintenue ouverte par un cerceau qu'on fixe ensuite à un châssis ou à des crochets avec des cordons. On a donné à cette espèce de filtre le nom de manche d'Hippocrate. On l'emploie surtout pour les liqueurs spiritueuses; comme on peut lui donner de grandes dimensions, il peut recevoir une certaine quantité de liquide d'un seul coup; mais elle ne passe que très-lentement; et il faut souvent attendre un temps fort considérable pour que le liquide passe clair; on ne devra donc employer cette espèce de filtre que quand on n'en aura point d'autre sous la main.

Lorsqu'on filtre les sirops, on évite de donner au filtre la forme d'un sac; on étend alors la pièce sur un châssis carré, auquel on l'attache par les quatre coins; on jette le sirop bouillant dans le milieu, qui ne tarde pas à s'affaisser un peu, et souvent au bout de quelques minutes la liqueur commence à passer clair.

Ce filtre, ainsi disposé, peut encore servir pour d'autres liquides, pourvu qu'ils ne contiennent ni soude ni potasse; car, quelque peu alcalins qu'ils soient, ils attaquent plus ou moins le filtre, et la liqueur est impure.

FILTRES DE COTON OU DE FILASSE.

On se sert de coton cardé en guise de filtres pour les substances qu'on peut regarder comme précieuses, soit à raison de la difficulté qu'on peut avoir à se les procurer, soit parce que l'opérateur n'en possède qu'une petite quantité.

Pour former ce filtre, on introduit du coton cardé ou de la filasse dans la gorge d'un entonnoir de verre, qu'on y enfonce un peu avec une tige de verre, de manière à former une espèce de bouchon sur lequel on verse le liquide. La filtration commence goutte à goutte; on enlève ces premières gouttes qui sont toujours impures, et on les reverse de nouveau sur le liquide qui passe alors clair. On préfère surtout ce moyen pour les huiles essentielles.

FILTRATION PAR LE VERRE.

Les acides, particulièrement ceux qui sont concentrés, ne peuvent guère se filtrer qu'à travers le verre pilé; mais on ne peut employer cette substance qu'après l'avoir lavée à plusieurs reprises, d'abord, avec une grande quantité d'eau; puis avec un acide qui la prive des parties terreuses ou autres qui pourraient être dissoutes par l'acide qu'on veut filtrer.

On prend un entonnoir de verre; on commence par y introduire des fragmens de verre assez gros d'abord, puis d'autres plus petits, puis d'autres plus petits encore, jusqu'à une épaisseur de trois ou quatre pouces, la couche supérieure n'étant autre chose que du verre pilé.

Cette espèce de filtre laisse passer la liqueur avec assez de facilité, de sorte qu'en moins d'une heure

on parvient à filtrer plusieurs livres d'acide avec un entonnoir de verre de grandeur ordinaire.

CLARIFICATION.

La clarification, quelque simple que puisse paraître cette opération, mérite cependant une attention particulière, surtout si l'on considère les avantages qu'elle procure dans les arts chimiques et dans la pharmacie particulièrement.

CLARIFICATION PAR LE REPOS.

La clarification par le repos est sujette à plusieurs inconvéniens: d'abord elle exige un temps considérable; de plus, il arrive souvent que, pendant l'intervalle nécessaire, il se forme de nouveaux produits.

Un exemple bien frappant de ce qui arrive dans un cas semblable, est la clarification spontanée des jus de plantes ou de fruits. Ces jus nouvellement exprimés sont toujours troubles; ils s'éclaircissent bientôt par des degrés imperceptibles: mais alors leur nature est tout-à-fait différente de ce qu'elle était auparavant.

CLARIFICATION PAR LES ŒUFS OU LES SUBSTANCES GÉLATINEUSES.

L'effet de l'albumine et des matières gélatineuses est surtout remarquable dans les liquides vineux. On emploie donc de préférence ces substances pour donner aux liqueurs fermentées ce haut degré de limpidité qu'elles acquièrent ou conservent rarement par le seul repos; cette clarification est fort simple : il suffit de dissoudre des œufs, de la colle de poisson, des copeaux de corne de cerf, etc., etc., dans une petite quantité du liquide; puis, de mêler cette solution au

reste; peu de temps après que ce mélange a été fait, il se forme comme un filet, qui se contracte et tombe au fond du vase, emportant avec lui toutes les matières étrangères.

D'autres fois il est nécessaire de faire bouillir le liquide après qu'il a reçu les œufs, et la clarification n'a lieu qu'au moment de l'ébullition; la plupart des sirops sont clarifiés de cette manière : on n'a pas encore trouvé de méthode aussi commode ni aussi efficace.

On a encore remarqué que l'œuf seul ne suffisait point toujours pour clarifier les liquides, même en les portant à l'ébullition; mais qu'il fallait de plus favoriser l'opération au moyen d'un acide ou d'un sursel, c'est-à-dire d'un sel avec excès d'acide. On a un exemple de ce genre dans la clarification du petit lait; car ce n'est qu'après avoir ajouté au liquide, au moment où il commence à bouillir, ou de la crème de tartre, ou du vinaigre, que l'œuf qui y a été mêlé se coagule, et emporte avec lui la partie caséeuse qui troublait sa transparence.

Il est absolument nécessaire de séparer le magma qui se forme dans les liqueurs qu'on clarifie avec des œufs, et surtout lorsque, pour concentrer ces liquides, on est obligé de vaporiser une partie de leur eau par l'ébullition. Sans cette précaution, le magma se dissoudrait dans le liquide, qui serait encore plus trouble qu'avant la clarification; c'est pour cette raison qu'on enlève l'écume du bouillon, qui, sans cela, aurait un goût moins agréable et se garderait moins long-temps.

Bien que l'emploi des matières albumineuses soit d'une grande utilité pour clarifier les jus de certains végétaux, il a aussi des inconvéniens. On a remarqué entre autres que l'albumine change la nature des

liquides, au point de détruire en grande partie leurs propriétés médicinales. Il arrive souvent que certaines préparations pharmaceutiques se trouvent tellement altérées par la clarification produite par les œufs et l'ébullition, qu'elles sont presque sans effet, à moins qu'on ne double les proportions de leurs parties constituantes. Le Dr Lewis a remarqué que cette opération privait le sirop de pavots blancs de tout son pouvoir.

CLARIFICATION PAR LA CRÊME.

La nouvelle crême s'emploie encore avec avantage pour la clarification des esprits; une ou deux cuillerées par pinte sont suffisantes, et produisent leur effet en quelques heures et à froid. Mais, comme par ce mode de clarification, quelques parties caséeuses, à cause de leur ténuité, restent toujours en suspension dans le liquide; on les sépare en filtrant de nouveau à la flanelle ou au papier.

CLARIFICATION PAR LA CHALEUR.

Il est quelques liquides qui, pour devenir clairs, exigent d'être soumis à un degré de chaleur à peu près égal à celui de l'eau bouillante. Tels sont ceux dont l'opacité est due à une substance qui ne peut se dissoudre qu'à une certaine chaleur, quelques solutions salines, par exemple, et autres que celui qui s'est même fort peu occupé de chimie a nécessairement remarquées.

La plupart des sucs, exprimés des végétaux, se clarifient à la chaleur; les apothicaires n'emploient guère d'autres moyens pour les liquides dont l'épaisseur ou la viscosité ne permet point l'emploi des filtres; souvent un léger degré de chaleur, appliqué au jus ex-

primé de certains végétaux, puis filtrés, suffit aussi pour altérer tout d'un coup leur transparence; dans ce cas, il se forme une pellicule blanchâtre à la surface du liquide, qui se rassemble ensuite au fond du vase. Telle est la substance que Rouelle, le jeune, considérait comme la matière végéto-animale du froment, et que Parmentier démontra, en 1772, être une substance analogue au blanc d'œuf.

PRESSOIR DE FIELD.

Comme il reste quelquefois une portion assez considérable du liquide dans le filtre, il est souvent nécessaire de l'en exprimer, soit pour l'en débarrasser, soit pour obtenir et employer ce qu'il en retient.

Le principal et grand avantage de la compression par le poids est d'être égale et continue, sans exiger aucun soin; ses inconvéniens viennent surtout de ce que sa puissance est, comparativement au volume qu'elle exige, toujours assez faible, et qu'il faut toujours une autre puissance, précisément égale à l'effet qu'elle produit, pour la diriger convenablement. Les principaux avantages et désavantages de la compression qu'on obtient d'un moteur sont exactement inverses de celle-ci : son action est forte, mais non continue, facilement applicable, mais demande cependant quelques soins; d'un autre côté, elle n'exige qu'un petit volume, comparativement à son effet. M. Field a cherché à compenser ces avantages et ces désavantages en réunissant les deux méthodes dans la presse que nous allons décrire.

La figure 128 représente son pressoir composé. *a* est une vis dont on voit la section; *b* est un appui de métal très-dur sur lequel agit l'extrémité de la vis, qu'on a soin de huiler : il est fixé solidement au plateau

de la presse; ce plateau est surmonté de rebords qui contiennent deux ou quatre poids de fonte, qui servent à le charger; *d* est une espèce de pont ou d'arche traversé par la vis, et dans lequel son extrémité est retenue par le bourrelet qui la termine, et qui y est ajusté au moyen de chevilles. Ce pont permet au plateau chargé de descendre sans l'action de la vis, et d'exercer une pression continue sur la substance contenue dans le sac *e;* cette pression peut être augmentée ou diminuée, selon qu'on met plus ou moins de poids dans la boîte; et finalement on fait jouer la vis pour ajouter à la force et extraire le liquide qui pourrait rester; elle sert aussi à relever le plateau; la petite figure, placée au-dessus, montre comment sont disposés deux des quatre rouleaux qui servent à guider le mouvement du plateau de cette presse, dont l'emploi est vraiment très-commode.

GRANULATION DES MÉTAUX.

Tous les métaux fragiles peuvent être réduits en poudre par les procédés ordinaires. Quelques autres métaux peuvent être obtenus à un état suffisant de division par la granulation : tels sont l'or, l'argent, le zinc, le cuivre, l'étain et le plomb. A cet effet, après avoir fondu le métal dans un creuset, on le versera de trois ou quatre pieds de haut dans une capsule ou dans un seau plein d'eau; en donnant le plus de profondeur possible au liquide, on évitera les petites explosions qui se produisent quelquefois.

Si l'eau était très-chaude, le métal se solidifierait en feuilles ou se boursoufflerait, et prendrait la forme de balles creuses; mais lorsqu'elle est froide, il se forme en petits grains semblables à du plomb de chasse. Ces différences tiennent aussi à la température du métal

lui-même. En le versant dans l'eau, il faut avoir soin de promener le creuset à la surface, afin que la matière en fusion ne tombe pas toujours à la même place. L'extension que l'on parvient à donner à la surface de certains métaux en les laminant ayant également pour but de favoriser l'action chimique, on doit y recourir lorsqu'on ne peut employer la pulvérisation. C'est ainsi qu'on lamine l'étain, le plomb, le zinc, le cuivre, l'or, l'argent et le platine.

On peut encore verser le plomb fondu et le zinc dans une boîte de bois, remplie en partie et frottée sur ses parois de craie; on ferme ensuite la boîte, on la remue avec force pendant quelque temps, et on enlève ensuite la craie par des lavages.

En réduisant, au moyen de la filière, les métaux en fils très-fins, ce qui équivaut encore à une division par l'extension qu'on donne à leur surface, on favorise encore l'action chimique. Ce procédé est particulièrement applicable au fer, qu'on ne peut réduire ni en poudre ni en feuilles très-minces. L'on se sert aussi avec avantage, dans plusieurs circonstances, de la lime pour diviser certains métaux, particulièrement le fer et le zinc; mais les limes ne tardent pas à s'encrasser de la poussière du métal.

L'écumoire, la boîte à granulation, le laminoir, la filière, les enclumes, et des marteaux de différentes espèces, doivent donc se trouver dans un laboratoire métallurgique.

APPAREILS A ÉCHAUFFER.

La plus grande partie de ces appareils est si bien connue, qu'il ne nous reste que peu de chose à en dire. Pour les usages ordinaires on emploie des chaudières ou de petites bouilloires de cuivre; on préfère en gé-

néral celles de bronze ou de métal de cloches; et, dans quelques cas particuliers, on se sert de vaisseaux de cuivre étamé, d'étain, de bouilloires de fonte, et de grandes cuillères de fer.

On ne doit point non plus négliger de se munir d'une certaine quantité de vases de terre de diverses grandeurs. Les vaisseaux de verre qu'on emploie, pour faire bouillir de petites quantités de liquide, sont le plus souvent les fonds de cornues, de ballons, de matras hors d'usage, et qu'on aura coupés. Ces vaisseaux sont très-bons pour vaporiser de petites quantités de liquide. On se sert de vases entiers pour de plus grandes quantités.

On emploie encore des vases de platine, pour faire dissoudre certains métaux dans l'acide sulfurique.

Pour les digestions dans les vases de verre, on se sert de matras et de ballons; et, afin de prévenir autant que possible la perte des parties volatiles, on ferme le col du ballon avec une vessie, dans laquelle on laisse une cheville ou un petit tuyau; ou, comme l'a recommandé Glauber, on emploie un bouchon d'étain ou de verre, qu'on charge d'un certain poids, en y adaptant un tube de verre recourbé, dans lequel on introduit une petite quantité de mercure, servant alors de bouchon mobile; cet appareil a été réinventé, depuis Glauber, sous le nom de tube de sûreté. Quelquefois deux matras sont joints l'un à l'autre et lutés ensemble, la vapeur qui se condense dans le matras supérieur retombe dans le matras inférieur, et circule ainsi. On connaît cet appareil sous le nom d'appareil circulatoire, et l'opération prend elle-même le nom de circulation ou recohobation.

Comme il est assez difficile d'extraire d'un matras, ou même d'un ballon, les résidus, le docteur Lewis se servait d'un récipient, et lutait à sa tubulure une alonge

à bouche étroite, qui tenait lieu d'un long col. On donne quelquefois aux matras une forme ovale au lieu d'une forme sphérique; ils ont en général un col long et étroit : on les a long-temps appelés œufs philosophiques; ils servaient pour les digestions.

APPAREILS POUR FONDRE ET CALCINER LES CORPS.

Lorsqu'il est nécessaire de soumettre des substances solides à l'action d'une grande chaleur, pour les faire fondre et pour favoriser leur action chimique, on emploie, pour les expériences du moins, de petits vaisseaux appelés creusets.

Les creusets de Hesse, qu'on exporte dans le monde entier, résistent à une chaleur très-forte pendant plusieurs heures, sans se fondre ni s'amollir; mais ils sont sujets à craquer en changeant subitement de température. On peut en quelque sorte remédier à cet inconvénient, en employant deux creusets qu'on place l'un dans l'autre; on remplit de sable l'intervalle laissé entre eux, et l'on recouvre le creuset d'un lut d'argile et de sable, afin que la chaleur se transmette plus également et plus graduellement. Je regarde comme les meilleurs creusets de Hesse, ceux qui rendent un son clair lorsqu'on les frappe, qui sont d'une épaisseur uniforme, et dont la couleur est brune-rougeâtre, sans taches noires. Les creusets de Saxe, particulièrement ceux de Waldenburg sont excellens; malheureusement on ne les exporte point.

Les pots d'argile de Stourbridge ne sont point cuits, mais seulement séchés; ils sont forts grossiers, mais résistent à une très-forte chaleur.

Les creusets de porcelaine de Wedgewood sont excellens pour les petites expériences; ils sont très-unis à l'intérieur, et supportent un haut degré de chaleur.

On devra les recouvrir d'une couche d'argile grossière avant de les exposer à une très-haute température.

Les creusets en porcelaine dure, que l'on fabrique en France, particulièrement à Bayeux (Calvados), peuvent, d'après M. Bussy, remplacer avec avantage ces derniers. (Voyez sa traduction des Manipulations chimiques de Faraday; ouvrage neuf qui renferme un grand nombre de conseils utiles).

Les creusets noirs, formés d'argile et de plombagine, nous venaient autrefois d'Ipser, ville d'Allemagne; car les Hollandais y faisaient passer toute la plombagine qu'ils nous achetaient; on les fabrique aujourd'hui en Angleterre. Le Dr Leigh assure que diverses argiles, mêlées avec de la plombagine en poudre et le crottin de cheval, font de forts bons creusets; de sorte qu'il paraît avoir été l'inventeur des creusets de plombagine. Les creusets de Sheffield, de la même espèce, sont formés d'argile et de coke pulvérisé. Ces creusets sont de durée; ils résistent aux changemens subits de température, mais se détériorent lorsqu'on les emploie pour fondre des substances salines ou alkalines, et ils souffrent une combustion partielle lorsqu'on les expose rouges à un courant d'air. Ils offrent de plus grands avantages pour la fusion des métaux, à cause de la facilité avec laquelle ils se laissent couper et travailler, tout en résistant à un haut degré de chaleur. Le docteur Lewis en avait fait des fourneaux portatifs.

Les pots de plombagine sont classés selon leur dimension : les plus grands sont marqués du n° 100; ils ont alors treize pouces et demi de profondeur, et dix pouces et demi d'ouverture; les autres sont marqués 90, 80, 70, sans degrés intermédiaires, ils sont environ d'un demi pouce plus étroits les uns que les autres. Le n° 60 a douze pouces environ de profondeur, un peu moins

de huit pouces d'ouverture, et six pouces et demi environ vers le milieu de sa hauteur. Ces pots s'adaptent en général à ceux de la seconde dimension, au-dessus d'eux, en sciant une portion de la partie épaisse du fond, et en en usant les bords; ainsi le n° 80 s'ajuste dans le n° 100; 70 dans 90; 60 dans 80. On remplit l'intervalle avec de la chaux mêlée à une quantité d'eau suffisante, pour former un magma qui puisse se couler entre les pots.

Macquer parle des pots dans lesquels les Hollandais exportent leur beurre, comme pouvant servir d'excellens creusets. On fait encore des creusets de fer, mais on s'en sert rarement; ils servent à fondre des alkalis, ou seuls, ou mêlés à des substances terreuses.

Les creusets et les capsules de platine, qui sont presque infusibles au feu de nos fourneaux, et inaltérables par la plupart des agens chimiques, sont utiles dans une infinité de circonstances. On doit les placer cependant dans des creusets communs, pour les défendre de l'action directe des charbons dont les scories y adhèrent avec tant de force, qu'il est fort difficile de les en détacher sans altérer le creuset. Mais le platine se laisse attaquer par le nitrate de potasse en fusion, et par les alkalis; on ne pourra donc l'employer pour la fusion des substances qui les contiennent.

On emploie alors des creusets d'argent parfaitement pur; mais la plus haute température qu'ils puissent supporter est le rouge tendre, et le métal acquiert même une texture cristalline par le refroidissement, et devient extrêmement fragile; de sorte qu'on est souvent obligé de refondre ces creusets d'argent: le chimiste doit donc avoir un moule pour cette opération.

Les vaisseaux à calciner sont ordinairement formés

de la matière à creusets; on se les procure dans les magasins. Mais il en est de deux espèces, que le métallurgiste construit lui-même: nous voulons parler du têt à rôtir et de la coupelle; il doit donc se munir, pour cet usage, de moules, qui peuvent être en bois ou en cuivre.

Ces moules ne sont autre chose que des anneaux de cuivre ou de buis, renforcés d'un cercle de fer, et plus étroits au fond qu'au sommet. On roule dans les mains la matière du têt ou de la coupelle, pour en former une balle, qu'on place dans le moule, et sur laquelle on exerce ensuite une pression avec une espèce de pilon, à tête de cuivre, qui s'ajuste bien exactement à l'ouverture la plus large du moule, en entrant d'un tiers de la profondeur; la surface inférieure de ce pilon est plane, et porte au centre un segment sphérique, qui forme une cavité à la partie supérieure du vaisseau.

Le moule pour les têts à rôtir a environ trois quarts de pouce de profondeur, deux pouces d'ouverture par le haut, et un pouce à son fond; la partie sphérique a un pouce et demi de largeur, et se projette de trois huitièmes de pouce; le pilon entre d'un quart de pouce dans la bague. La matière qu'on emploie ordinairement pour les têts, est de l'argile très-réfractaire, mêlée avec de la même argile pulvérisée, et fortement chauffée; on peut donc faire usage de la partie supérieure des creusets qui ne servent plus : on place le mélange dans l'anneau, qu'on a préalablement graissé; et, pour donner plus de solidité au têt, on augmente la compression en frappant sur le pilon avec un maillet; on se sert ensuite d'un cercle de bois, d'une dimension convenable, pour chasser le têt à la partie la plus large, et on le fait sécher.

Le moule à coupelle est à peu près de la même profondeur : un pouce en haut, trois quarts de pouce au fond; la partie sphérique du pilon a un demi-pouce de largeur, et se projette d'un quart de pouce; le pilon entre d'un quart de pouce dans l'anneau ; on prend de la cendre d'os tamisée, mais non avec un tamis trop serré; on humecte cette cendre, on la presse dans le moule *f*, comme nous l'avons dit; puis on fait sécher.

On fait quelquefois des têts de cendres avec beaucoup moins de soin; c'est-à-dire qu'on se contente de presser, dans un anneau de fer, de la cendre d'os ou de bois, légèrement humectée, dont on a extrait le sel par lexiviation, et l'on enlève une partie de la surface supérieure, pour former une cavité; on laisse alors ces têts dans l'anneau.

M. Lebaillif a proposé, pour les essais au chalumeau, l'emploi de petites coupelles composées de parties égales en poids de terre à porcelaine et de belle terre de pipe, réduites en poudre très-fine, et préalablement séchées. On humecte le mélange, puis on malaxe soigneusement, à l'aide d'un couteau d'ivoire ou d'os, jusqu'à ce qu'il ait acquis assez de consistance pour ne pas adhérer au moule, et ne se point fendiller par la pression. Une lame d'ivoire, dans laquelle on perce des trous légèrement coniques de huit millimètres de diamètre, sert de moule : on applique cette lame sur un rond de craie; puis, avec une espèce de grattoir en ivoire, on enfonce une petite boule de pâte dans chaque trou, et l'on retranche tout ce qui dépasse la surface du moule; on applique enfin dans le centre une petite bille d'ivoire bien polie et fixée sur un manche; on donne un léger mouvement giratoire, et lorsque la cavité est bien formée, on retourne le moule, pour détacher les coupelles; on les cuit dans

un creuset ouvert et qui ne sert qu'à cet usage, et l'on doit les conserver dans une boîte bien fermée ou dans un flacon exactement bouché. (Voyez *Dictionnaire technologique*, tome 6, page 147.)

APPAREILS A SUBLIMER.

La sublimation est, pour ainsi dire, la distillation de corps solides; c'est l'opération dans laquelle un corps solide, réduit en vapeur, se condense sous forme solide, compacte, cristalline ou pulvérulente.

On nomme plus particulièrement ballon un vase sphérique de verre à fond un peu aplati, portant un col court et épais; il diffère du matras en ce que celui-ci a le col long et étroit.

Pour sublimer une substance quelconque, on enfonce le globe du ballon dans un pot de sable jusqu'à la hauteur à laquelle la matière à volatiliser s'élève dans le vase. C'est ainsi qu'on prépare pour les usages du commerce le sublimé corrosif, le calomélas, le camphre, et une infinité d'autres produits. On bouche légèrement le col du vase avec un peu de filasse; et même, pour empêcher que le vase étant encore trop bouché il se produise une explosion, on introduit dans le col un fil métallique.

On se sert plus ordinairement d'un bain de sable pour transmettre la chaleur, dont on règle le degré, ainsi que la profondeur à laquelle on enfonce le ballon, selon la nature du produit. Souvent aussi on enduit d'argile le fond du ballon, et on l'expose ainsi à un feu nu sur un fourneau.

Le sublimé se retire du ballon en en cassant le col d'abord, puis le fond, et détachant ensuite le verre avec soin de la substance qui y adhère.

Pour éviter de briser le verre dans des sublimations

répétées de la même substance, les chimistes se servent quelquefois d'un long ballon ovale ayant le col placé sur le côté; on charge cet œuf philosophique, et on le place sur l'un de ses bouts : le sublimé s'élève et se condense à l'extrémité du grand diamètre; on retourne l'œuf, et, chassé par le calorique, il va regagner le lieu d'où il était parti. On répète cette opération sans inconvénient autant de fois que cela est nécessaire.

Geber avait, dès l'an 800, proposé de partager le ballon en deux parties, en divisant le globe; mais on ne suivit point ce conseil. On sublime cependant quelquefois au moyen de deux creusets placés bouche à bouche et bien lutés; le sublimé se rassemble dans le creuset supérieur renversé, qu'on préserve autant que possible de la chaleur rayonnante du feu, en le laissant saillir hors du fourneau.

La sublimation s'opère quelquefois aussi au moyen d'un pot de terre, qu'on surmonte d'un cornet ou chapeau de papier, qu'on fixe à la bouche du pot.

Les chimistes d'autrefois, pour obtenir leurs sublimés sous forme pulvérulente ou fleurs, comme ils les appelaient dans cet état, employaient une série de ballons de terre ou de verre sans fond, assemblés les uns dans les autres, et qu'on appelait aludels. Mais Homberg proposa, en 1700, de se servir d'une cornue à col peu allongé, se rendant à l'intérieur d'un grand ballon de verre à moitié rempli d'eau. La plupart des chimistes emploient encore ce moyen.

Tous les appareils dont nous venons de parler sont représentés sous les numéros suivans :

Figure 129, creuset triangulaire d'Allemagne;
Figure 130, creuset rond ou français;
Figure 131, têt d'argile;
Figure 132, une coupelle;

Figure 133, un têt de cendres dans son anneau;

Figure 134, figure 135, figure 136, vases divers pour échauffer ou vaporiser des liquides;

Figure 137, un matras, ou globe à digestion;

Figure 138, un ballon ou sublimatoire;

Figure 139, une file d'aludels;

Figure 140, un matras avec tube de sûreté, tel que l'employait Glauber pour les digestions;

Figure 141, deux matras lutés l'un à l'autre, pour la circulation;

Figure 142, un récipient avec une alonge, employé pour les digestions;

Figure 143, deux creusets lutés l'un à l'autre, pour la sublimation;

Figure 144, l'œuf philosophique pour la sublimation réitérée d'une même substance.

APPAREIL DISTILLATOIRE ORDINAIRE.

Les appareils à distiller sont un peu plus compliqués que ceux que nous avons pu décrire jusqu'ici, surtout lorsqu'il s'agit de recueillir des produits aériformes. Pour le moment, nous ne nous occuperons que de l'appareil ordinaire.

Nous avons déja eu l'occasion, en parlant des fourneaux, de décrire l'appareil en cuivre qu'on emploie pour la distillation des huiles essentielles qu'on extrait des plantes, ou pour celle des esprits de jus ou de décoctions des végétaux fermentés. Il existe une immense variété d'appareils pour ce dernier objet, ainsi que nous le verrons plus tard.

Glauber, dans son troisième livre sur les fourneaux, a décrit un appareil qui, dans les cas pressés, peut suppléer la cucurbite de cet appareil : c'est une bouteille de cuivre ou de fer *a*, figure 145, qu'il place sur

le charbon même du fourneau; elle porte un col incliné vers le haut, qui entre dans un trou pratiqué à la partie inférieure d'un tonneau *b*, placé sur son fond. Il assure qu'une bouteille de cette espèce, contenant seize pintes environ, suffit pour porter à l'ébullition toute l'eau contenue dans un tonneau de cent mesures de Hollande, qu'on peut évaluer à environ vingt-huit gallons.

DES RETORTES.

Il n'est peut-être pas de vaisseaux chimiques plus fréquemment employés aujourd'hui que les retortes; elles ont remplacé en Angleterre un très-grand nombre d'appareils : là où l'on se servait autrefois de matras à tête de verre, on emploie aujourd'hui des retortes d'une grande dimension, auxquelles on adapte des récipiens proportionnés, si ce n'est dans quelques cas particuliers.

La forme ordinaire des retortes est assez bonne; il faut cependant en avoir de deux espèces : les unes, courtes et épaisses, portant un col court et ouvert; d'autres plus hautes, à col long et étroit, semblables à un matras dont on aurait ployé le col. Nous distinguerons les usages particuliers de ces deux espèces de cornues, en traitant des opérations pour lesquelles elles sont employées. Contentons-nous, pour le moment, de conseiller au chimiste d'avoir des cornues de ces deux espèces, toujours prêtes, et de plus, de se mettre en mesure pour pouvoir en raccourcir le col et agrandir leurs orifices, selon l'usage qu'il devra en faire.

Ce travail se fait ordinairement dans la manufacture; mais un bon opérateur doit pouvoir le faire lui-même, au moment où il devient nécessaire : pouvoir régler la forme et la dimension de sa retorte, selon la nature

de l'opération, assure plus souvent le succès, que ne peuvent l'imaginer ceux qui n'ont point eu l'occasion de faire des expériences soignées.

Pour déphlegmer l'acide sulfurique, distiller les éthers, on peut se servir de retortes en grès : elles sont plus fortes, moins aptes à se briser par l'effet de la chaleur ; elles présentent moins de dangers dans le transport d'un lieu à un autre que celles de verre. Pour les usages généraux, on emploie encore des retortes de verre de bouteille, qu'on place dans des bains, ou qu'on lute, et dont on se sert alors à feu nu; cependant il est des occasions où les retortes de verre blanc sont indispensables.

La dimension des retortes ou cornues de verre est prodigieusement variée; il en est depuis les retortes de verre de bouteille, qui contiennent plusieurs gallons, jusqu'à celles de verre blanc, qui ne contiennent guère qu'un pouce cube de liquide.

Quelquefois la cornue de verre porte à sa partie supérieure, ou à sa voûte, comme on l'appelle, une ouverture par laquelle on peut la recharger pendant l'opération : on dit alors que la cornue est tubulée. On fabrique encore des retortes avec de la matière à creuset, lorsqu'il est nécessaire d'exposer les substances à distiller à une chaleur très-forte; mais ces retortes sont si poreuses qu'à une haute température elles deviennent perméables à l'air et à l'eau. Il est donc nécessaire de les couvrir de lut. Les retortes anglaises, de cette espèce, ont la forme ordinaire; mais celles de Waldenburg, ou les retortes allemandes, si vantées par cet ancien auteur, Basile Valentin, et encore si estimées aujourd'hui par les chimistes de l'Allemagne, ont la forme d'un ballon, dont le col est si légèrement courbé vers le milieu, qu'il faut incliner la retorte dans le

fourneau, pour que le liquide condensé dans le col puisse se rendre dans le récipient.

Les retortes de terre portent quelquefois aussi une ouverture à la voûte : les manufacturiers les appellent alors retortes à bouchon.

Nous avons déja vu, dans la description du fourneau à réverbère de Boerhaave, qu'il y employait des retortes cylindriques. On se sert aujourd'hui de retortes à peu près semblables pour distiller le bois, la houille, les os, des substances bitumineuses et autres matières végétales ou animales : le cylindre est en fonte, ouvert des deux côtés, plus souvent que d'un seul ; on bouche ces ouvertures, pendant que la retorte est en travail, au moyen d'une plaque de même métal. Celle qui se trouve dirigée vers la partie antérieure du fourneau, porte un col court, dans lequel on introduit le tuyau qui conduit les vapeurs. La plaque postérieure, s'il y en a une, s'enlève toutes les fois qu'on veut charger ou vider l'appareil.

Le manufacturier doit toujours avoir présent à l'esprit qu'une retorte se détruit d'autant plus vite qu'elle change plus souvent de température : si on la maintient toujours en action, qu'on la charge et qu'on la décharge continuellement, sans la laisser refroidir, elle pourra durer plusieurs années. Lorsqu'il est nécessaire de laisser refroidir graduellement le résidu, comme lorsqu'on distille le bois pour fabriquer le charbon qui doit entrer dans la composition de la poudre à tirer, le cylindre de fonte n'est, en effet, que l'enveloppe de la retorte, qui est en tôle, et qui glisse dans ce cylindre; de sorte que, la distillation une fois achevée, on la retire, et l'on met à sa place une retorte fraîchement chargée.

DES ALAMBICS.

De tous les appareils destinés à la distillation, l'alambic est le plus ancien. Il diffère de la retorte, en ce qu'il est composé de deux pièces : la cucurbite, dans laquelle on introduit les matières à distiller, et le chapiteau, dans lequel les vapeurs se condensent, et qui s'ajuste à la partie supérieure de la cucurbite; la base du chapiteau s'abaisse tout le long de son contour, un peu au-dessous de son orifice; de sorte que les vapeurs qui s'y élèvent, se condensent sur les parois par l'action de l'air ambiant, et coulent dans la gouttière ainsi formée, qui les porte, à travers le col pratiqué sur le côté, jusque dans le récipient.

Le chapiteau a quelquefois une petite ouverture au sommet, qu'on ferme avec un bouchon ajusté par frottement. Cette disposition est fort utile pour remplir l'appareil, ou y ajouter une nouvelle quantité de matière, sans le déranger. Le chapiteau est hermétiquement fixé à la cucurbite; quelquefois même ces deux pièces n'en forment qu'une seule; il est, en général, préférable de les bien luter l'une à l'autre.

Quelques auteurs ont recommandé de faire entrer la gorge du chapiteau dans la cucurbite; mais lorsque c'est, au contraire, la partie supérieure de la cucurbite qui entre dans le chapiteau, il ne faut employer que très-peu de lut pour les joindre hermétiquement.

L'alambic a cet avantage sur la retorte ordinaire, qu'on peut facilement évacuer le résidu de la distillation; ce qui n'a pas lieu pour celle-ci : d'ailleurs, avec un peu d'adresse, on distille au moyen de cet appareil, et dans un même temps, une quantité bien plus considérable de liquide, qu'on ne peut le faire avec une retorte d'une capacité équivalente. De plus, il est bien plus facile, en

se servant de l'alambic, de faire agir la vapeur sur certaines snbstances, que par le moyen de la retorte et de son récipient. On fait ordinairement les cucurbites en verre, de la contenance d'une pinte à deux gallons : elles portent souvent une ouverture tubulée, à environ la moitié de leur hauteur. Enfin, l'on se sert encore de cucurbites en terre et en étain, qu'on surmonte d'un chapiteau de verre, et même de cucurbites en fer avec chapiteau en grès.

Une cucurbite d'argent, avec chapiteau de verre, est nécessaire pour la préparation des alcalis fixes; on adapte même un chapiteau d'argent à cet appareil pour la préparation de l'acide fluorique.

Des ballons de platine, avec têtes ou chapiteaux de même métal, servent à concentrer l'acide sulfurique.

Ces alambics sont fort dispendieux : l'appareil de M. Parke lui a coûté trois cents livres sterling; mais les accidens fréquens qui résultent de la concentration de l'acide dans le verre, compensent en peu de temps le premier achat.

On doit faire observer qu'à la température à laquelle la concentration s'effectue, le plomb s'unit au platine, et qu'ils fondent alors l'un et l'autre; il est arrivé que des grains de plomb, tombés dans un alambic de platine, l'ont perforé en plusieurs endroits; on doit donc prendre tous les soins possibles pour éviter ce désagrément, auquel on ne peut remédier qu'en soudant avec de l'or pur de petites rondelles de platine aux endroits perforés.

On emploie encore des espèces d'alambics, formés d'un ballon de verre qu'on surmonte d'une tête de même substance; ces têtes sont ordinairement de verre blanc et tubulées.

Enfin, on dispose quelquefois une série de petits

chapiteaux, ou têtes, les unes sur les autres, dont la première, qui se trouve à la partie inférieure, n'est ouverte que par le haut. C'est ce qu'on appelle une *hydre*, à cause du grand nombre de têtes de cet appareil, qui permet à l'opérateur de recueillir des parties plus ou moins pures, selon que la vapeur s'est élevée plus ou moins haut.

Quelques chimistes ont fait leurs efforts pour ne faire passer dans le récipient que la partie la plus volatile de la substance. A cet effet, ils ont contourné le col de l'appareil, de manière à ce que les parties les moins volatiles pussent se condenser à son intérieur, et retomber dans le vase inférieur; les anciens chimistes employaient souvent cet appareil, et, dans le langage mystique dont ils se servaient, ils l'avaient appelé *serpent*. Tous ces appareils de verre exigent des soins particuliers pour ne point se briser au feu; il est presque certain qu'un pareil accident arrivera, si les substances solides qu'ils contiennent s'attachent au verre; ou si l'on place un de ces appareils, encore chaud, sur une substance qui absorbe rapidement la chaleur: on se servira avec avantage, pour y déposer les cornues de verre, soit d'un coussinet de laine, soit d'une rondelle de paille bordée de lisière, soit, enfin, de sable sec.

DES RÉCIPIENS.

Les récipiens, proprement dits, sont de grands globes de verre qui devraient toujours porter un col court et assez large, pour qu'on pût y introduire facilement la main, et en extraire les matières solides ou les nettoyer. En général, on peut dire que ceux qu'on rencontre le plus souvent sont beaucoup trop petits; car une plus grande surface, en favorisant la

condensation des vapeurs, rend encore l'opération plus profitable et plus sûre : non-seulement la vapeur est moins sujette à s'échapper, en se faisant jour à travers le lut, contre lequel elle presse avec moins de force; mais on court moins le risque de faire crever les vases en poussant un peu le feu; supposant, du reste, que le lut résiste à la force expansive de la vapeur, et que le col de la retorte, l'allonge et le récipient soient assez bien ajustés pour ne point lui donner passage.

Comme l'orifice des récipiens, proprement dits, quelle que soit la dimension de ces vases, doit toujours avoir, à peu de chose près, la même largeur, comme, d'un autre côté, les retortes et les becs des chapiteaux ont des diamètres fort différens, le chimiste doit se munir d'un certain nombre d'allonges. Ces allonges sont des tubes de verre blanc, d'à peu près deux pieds de longueur, dont une des extrémités doit recevoir le col de la retorte, et l'autre entrer dans le récipient.

Ces allonges servent, non-seulement à mettre en communication la retorte ou l'alambic avec le récipient, mais encore à éloigner ce dernier du fourneau, et le préserver ainsi de la chaleur qu'il pourrait lui communiquer.

Quand les vapeurs exigent une haute température pour s'élever, et qu'après s'être condensées, elles retombent encore fort chaudes sur les parties froides du récipient, il arrive souvent qu'elles le brisent; on remédie à cet inconvénient en adaptant à la retorte, si le col en est court, une allonge d'une autre espèce, qui vient se rendre au centre même du vase, de sorte que les gouttes chaudes puissent tomber immédiatement dans le liquide qui s'y trouve déja, ou qu'on y

aura tout exprès introduit. Ces allonges sont quelquefois en grès, et quelquefois aussi en fer.

Les récipiens sont ordinairement en verre à bouteille; mais lorsqu'on se sert d'allonges de verre blanc, rien n'empêche d'employer comme récipient des vases de grès d'une capacité suffisante; car on juge facilement des progrès de l'opération par la température de l'allonge et l'apparence des vapeurs qui la traversent.

Comme les substances dégagées par la chaleur ne peuvent point toutes se condenser, même en introduisant de l'eau ou d'autres liquides dans le récipient, il est indispensable de leur laisser un passage; on pratique alors une ouverture dans la partie supérieure du récipient; pour les usages ordinaires, on ferme cette ouverture avec un bouchon de bois retenu par un collet, ou avec un morceau de cire molle. Les récipiens de verre des amateurs portent une tubulure fermée par un bouchon de verre.

Si l'on a quelque raison de croire que la vapeur puisse se condenser, quoique avec difficulté, on lute, à l'ouverture dont nous avons parlé, un tube de baromètre long et étroit sur lequel l'atmosphère agit comme pourrait le faire un bouchon mobile; la vapeur et l'air ne se mêlent point ensemble aussi facilement qu'on le croirait; ils sont parfaitement distincts dans les tubes, et il suffit d'avoir vu une brasserie ou même une salle à lessive, pour être convaincu que, même à l'état de liberté, ils se mélangent assez difficilement.

Afin d'enlever une partie du liquide pendant l'opération, sans ôter le lut des joints, on adapte quelquefois sur le côté du récipient un petit tuyau qui se rend

dans un flacon, qu'on remplace ensuite par un autre lorsqu'il est plein.

Au lieu de laisser échapper les produits qui ne se peuvent condenser, on a essayé de les retenir dans les vases pendant un certain temps, jusqu'à ce qu'ils aient déposé la partie condensable qu'ils peuvent contenir: pour cela, on a considérablement augmenté la capacité des récipiens. Il résulte encore de cette disposition que la différeuce de pression du produit aériforme au-dessus de celle de l'atmosphère, diminuant en raison de l'augmentation de capacité du récipient, on a moins à craindre les explosions. On pratique alors au récipient une ouverture diamétralement opposée à celle qu'il a déja, et le col conique qu'on y adapte se rend dans un récipient exactement semblable, qu'on met en communication avec un troisième, un quatrième, etc., formant ainsi une série de vaisseaux aussi nombreux que l'opérateur le croit nécessaire. Les chimistes ont beaucoup varié la forme et la disposition de cette dernière espèce de récipiens, suivant les différens usages auxquels ils les emploient.

Au lieu de récipiens à col court, on adapte souvent au chapiteau des alambics de verre un matras à long col, qu'on y lute avec soin.

Glauber, dès 1648, afin de condenser les vapeurs plus facilement que par les méthodes ordinaires, se servait de trois ou quatre récipiens qui n'étaient autre chose que des jarres de grès, placées la bouche en haut: la première était mise en communication avec le col de la retorte par un tube de grès, courbée en L; ce premier récipient communiquait avec le second, le second avec le troisième, et ainsi de suite, par des tubes de la même substance, courbés eux-mêmes comme la lettre grecque Π; ces tuyaux traversaient les bondons des

vases de grès, qui plongeaient eux-mêmes dans des seaux d'eau où ils se rafraîchissaient. La figure 146 fera comprendre la disposition de cet appareil.

APPAREIL DE WOULF.

Peter Woulf proposa, dans les *Transactions philosophiques de* 1767, les deux perfectionnemens suivans à l'appareil de Glauber, dans le but de condenser les vapeurs des acides nitrique et muriatique, et celles de l'alcali volatil, comme on les appelait alors; ces instrumens ont été adoptés dans la majorité des laboratoires, à quelques modifications près.

La figure 147 représente le premier appareil de Woulf: il se compose d'une retorte ou cornue *a*, à laquelle on adapte un ballon *b* à trois ouvertures : à la première on lute le col de la cornue; la seconde se projette dans le petit récipient *c*, auquel elle est aussi lutée; la troisième est fermée par un bouchon percé, qui se laisse traverser par un tube à angle droit *d*, dont la plus longue branche vient se rendre dans la bouteille *e*; l'extrémité de ce tube, atteignant presque le fond de la bouteille, qui est à demi-pleine d'eau, et fermée comme la troisième ouverture du ballon, à cela près que le bouchon n'en est point luté, et que le tube passe par une grande ouverture demi-circulaire; cette disposition permet de changer plus facilement le flacon placé en *e*, ou de renouveler l'eau qu'il contient, lorsque, par suite de la condensation des vapeurs, elle s'échauffe; de plus, il reste ainsi un passage pour les vapeurs qui ne se condensent point, et c'est le seul dans tout cet appareil; on conçoit facilement que les vapeurs, forcées de traverser l'eau en *e*, s'y condensent, à l'exception de ces derniers gaz.

Dans la plupart des distillations, les vapeurs se con-

densent aussi promptement qu'elles se forment, de sorte qu'il arrive quelquefois que l'air extérieur, pressant la surface de l'eau en *e*, élève celle-ci dans le tube, d'où elle passe dans le récipient pour retomber dans le flacon *c*, dont elle altère le contenu; on pourrait remédier en quelque sorte à cet inconvénient, en laissant l'air pénétrer dans le récipient *b*, ou dans le flacon *c*, par un trou convenablement percé, et qu'on boucherait momentanément avec un peu de lut ou de cire; mais ce procédé serait peu commode, en ce qu'il exigerait une surveillance constante : l'appareil suivant est bien préférable.

Le second appareil de Woulf (figure 148) se compose d'un récipient *b*, semblable au premier, qu'on met en communication avec la cornue *a* ou tout autre appareil distillatoire; il communique encore, comme dans l'autre appareil, avec un flacon *c* qui reçoit les produits de la distillation; puis, avec un tube recourbé *d*, qui entre très-peu profondément dans la bouteille *e*, à travers une ouverture pratiquée sur le côté du bouchon qui, d'ailleurs, est percé d'une autre ouverture, à travers laquelle passe encore un tube *g* deux fois courbé, et dont l'extrémité de la plus longue branche vient se rendre à peu près au fond du flacon *h*, à moitié rempli d'eau, et mal fermé par un bouchon que traverse ce tube. Le bouchon du flacon intermédiaire *e* est, au contraire, luté avec soin; mais ce flacon porte à sa partie inférieure un petit tuyau *f*, fermé par un bouchon de verre ou de liége, enduit de cire; dès lors, si, pendant l'opération, la vapeur venait à se condenser rapidement, la pression atmosphérique forcerait le liquide de *h* dans le tube *g*, d'où il retomberait dans le vase intermédiaire *e*, l'opérateur n'aurait qu'à ouvrir le tuyau *f* pour évacuer le

liquide, et il le transvaserait de nouveau dans *h*, si cela devenait nécessaire.

Au lieu d'un flacon *e*, muni d'un goulot unique et d'une ouverture inférieure *f*, Woulf employait quelquefois un flacon à deux tubulures : l'une d'elles recevant les tubes *d* et *g*, à travers les trous ouverts dans son bouchon; l'autre, demeurant fermée. C'est cette sorte d'appareil qu'on trouve le plus souvent décrit dans les auteurs qui ont écrit sur la chimie : on devra cependant préférer la disposition de la figure 148.

On doit au même chimiste un troisième appareil, qu'il employait pour les vapeurs encore plus difficiles à condenser, et qui se composait d'un vase distillatoire et de quatre récipiens. On voit cet appareil, figure 149 : *a* est une retorte à bouchon, en grès ou même en fer, parce qu'il employait surtout cet appareil pour condenser les vapeurs qui résultent de la combustion du nitre et de l'antimoine; à cette retorte était lutée une file de récipiens à deux tubulures *b b b b*, dont chacun recevait autant d'eau que sa position le permettait; les trois premiers récipiens étaient munis de petites allonges coniques en grès, *c c c*, dont le bout le plus étroit venait plonger dans l'eau du récipient qui la suivait; le col du quatrième et dernier récipient portait un bouchon percé, que traversait un tube courbé à angle droit *d*, dont la longue branche, dirigée de bas en haut, laissait échapper les gaz qui ne se pouvaient condenser.

SUPPLÉMENT DE L'APPAREIL DE WOULF.

Toutes les fois qu'on n'opérera que sur une petite quantité de matière, on pourra employer l'appareil suivant pour remplacer celui de Woulf. Il se compose, figure 150, d'une cornue *a*, à laquelle on lute avec

soin deux récipiens : le premier *b* est assez grand, et porte un col et une tubulure; le second *c*, dans lequel on introduit de l'eau ou un autre liquide, n'est ouvert que par le haut; mais, au lieu d'être fermé par un bouchon, on y lute une espèce d'entonnoir en verre *d*, dont le tuyau est assez long pour plonger dans le liquide, à environ un demi-pouce au-dessous de sa surface; du reste, cet entonnoir est assez mal fermé par un bouchon supérieur.

Lorsque l'opération commence, le produit de la distillation s'amasse dans le premier récipient, et la vapeur la moins condensable passe alors dans le second récipient, où elle est absorbée; les gaz et les vapeurs qu'on ne peut condenser, pressant alors la surface du liquide et le forçant à s'élever dans l'entonnoir, jusqu'à ce que l'extrémité du tuyau soit découverte; à ce moment, ces gaz s'élèvent en bulles dans la partie supérieure, et on laisse s'échapper les parties qui ne sont point absorbées par le liquide, à travers l'orifice supérieur, qu'on débouche de temps en temps.

Il résulte de cette description, que si les gaz qu'on veut condenser dans le liquide ne sont point très-volatils, un entonnoir ordinaire, dont on couvrira la partie supérieure par une soucoupe, peut remplacer la pièce *d* de ce dernier appareil.

Si une condensation soudaine de la vapeur avait lieu dans les vases distillatoires, le liquide contenu dans *d* redescendrait; alors l'air qui s'introduirait par cette pièce balancerait la pression atmosphérique qui s'exercerait sur l'appareil; d'un autre côté, on n'aurait point à craindre que le liquide de *c* fût refoulé en *b*, pourvu toutefois qu'on n'ait point donné au col de ce récipient assez de longueur pour qu'il plonge dans le liquide de *c*. C'est pour permettre l'introduc-

tion de l'air qu'on ne ferme qu'à-demi la pièce supérieure *d*.

APPAREILS DE REMPLISSAGE.

Il est souvent nécessaire d'ajouter, à ce qui est contenu dans la retorte ou le vase distillatoire, quelques substances destinées à produire certains effets, sans toutefois admettre l'air, et sans laisser échapper les vapeurs contenues dans le vase. On emploie plusieurs appareils à cet effet.

Le plus simple de tous est un entonnoir de verre avec une tige : l'entonnoir a un tuyau très-court, d'une longueur tout juste suffisante pour entrer d'une petite quantité dans l'ouverture pratiquée à la voûte de la cornue; le tuyau de cet entonnoir est bouché par un cylindre de verre, dont l'extrémité est usée à l'émeri; on verse le liquide (car cet appareil ne peut servir que pour les liquides), on verse le liquide, disons-nous, dans l'entonnoir, et en élevant un peu la tige, il s'écoule dans la retorte en un courant, qu'on peut augmenter ou diminuer à volonté, et arrêter même tout-à-fait, en enfonçant de nouveau la tige dans le tuyau de l'entonnoir.

On se sert encore d'un autre appareil qui ne vaut pas mieux que ce dernier, car il est sujet à quelques accidens; mais, d'un autre côté, il a plus d'apparence, comme on le dit vulgairement, il jette plus de poudre aux yeux; aussi est-il l'instrument dont se servent de préférence les amateurs : nous voulons parler de l'entonnoir hydrostatique, où le liquide lui-même sert de bouchon. C'est un très-long tube de verre luté à l'orifice de la voûte de la retorte; il s'élève d'abord verticalement, puis se recourbe, de bas en haut, jusqu'à un pouce ou deux de distance verticale de cet orifice;

là il se reploie de nouveau sur lui-même, pour remonter à trois ou quatre pouces au-dessus du premier coude; cette extrémité supérieure s'élargit alors en trompette, ou bien encore elle reçoit un petit entonnoir. Le liquide qu'on se propose d'introduire dans la cornue est d'abord versé dans le tube, jusqu'à ce qu'il atteigne le niveau du coude supérieur de la branche du milieu : c'est cette portion de liquide qui fait l'office de bouchon. Tout ce qu'il convient ensuite d'ajouter successivement est versé par l'entonnoir supérieur, d'où il passe dans la cornue; mais voici ce qui arrive quelquefois : la vapeur vient-elle à se condenser subitement dans le vase, soit par absorption, soit par toute autre cause, la pression de l'atmosphère force tout à coup le liquide du tube dans la cornue, et la brise; tout au contraire, les vapeurs ou les gaz augmentent-ils de tension ou de quantité dans l'appareil, tout le liquide du tube est projeté au dehors.

On a donné le nom d'*acidifère* (Acid Holder), à un appareil un peu plus compliqué encore que ce dernier. C'est un flacon de verre portant deux ouvertures : l'une supérieure, fermée par un bouchon de verre; l'autre inférieure, munie d'un tuyau court qu'on ferme au moyen d'un robinet. Il sert à introduire, non-seulement les acides, mais des liquides quelconques dans la cornue, à laquelle on l'a préalablement adapté; et cela, sans permettre à l'air extérieur d'entrer, et sans laisser échapper les vapeurs ou les gaz contenus dans l'appareil.

Ce petit réservoir est surtout utile pour empêcher les vapeurs et les gaz de se répandre, dans le laboratoire, pendant l'opération; chose importante lorsque leur odeur est désagréable, ou leur action délétère.

Le robinet étant fermé, on remplit le réservoir de

liquide, et on le fixe à l'ouverture de la cornue, à laquelle il doit s'adapter parfaitement. S'il devient nécessaire de renouveler le liquide, sans arrêter l'opération, on tourne le robinet, le liquide tombe alors dans la cornue, on le referme; puis, débouchant l'ouverture supérieure, on introduit de nouveau liquide dans le réservoir, et l'on replace le bouchon; on conçoit qu'on répète cette opération, aussi souvent qu'il est nécessaire, pour introduire une quantité suffisante de liquide, si le réservoir ne peut la contenir tout entière en une seule fois.

La dimension de ces réservoirs est ordinairement d'un quart de pinte à une demi-pinte; on ne les emploie guère que dans les expériences, pour des recherches théoriques, ou bien encore dans les cours de chimie faits devant ce qu'on appelle les hautes classes de la société; car ils empêchent les gaz ou les vapeurs d'une odeur désagréable de se répandre dans la salle du cours, et l'on n'ignore point que le cas contraire ne manquerait pas de produire une désertion complète parmi de tels auditeurs.

Les figures suivantes représentent tous les appareils dont nous venons de parler :

La figure 151 est une retorte ou cornue, avec un récipient non luté;

La figure 152 est une cornue tubulée, avec une allonge, et un récipient à deux ouvertures;

La figure 153 est un alambic de verre, composé d'un corps *a*, et d'une tête à orifice *b*.

La figure 154 est l'appareil que nous avons appelé serpent : il se compose d'un corps *a*, et d'un long col contourné *b*, qui lui a donné son nom; enfin, d'un chapiteau *c*, auquel est adapté un récipient *d*;

La figure 155 est l'hydre, qui se compose d'un

corps *a*, et de sept têtes ou aludels *b*, enfilées les unes dans les autres, ayant chacune un récipient *c*.

Les distillateurs français ont, comme nous le verrons dans la suite, tiré un grand parti de cet instrument, que chacun d'ailleurs a modifié de diverses manières.

La figure 156 est un alambic de verre, composé d'un matras *a*, portant un chapiteau de verre *b*;

La figure 157 montre une cornue tubulée, avec l'entonnoir, et la tige dont nous avons parlé;

La figure 158 représente la cornue tubulée, avec ce que nous avons appelé l'entonnoir hydrostatique;

La figure 159 est la cornue tubulée, avec un réservoir supérieur pour les acides.

APPAREILS POUR LA DISTILLATION PNEUMATIQUE.

Nous avons encore à examiner une certaine classe d'appareils destinés à recueillir, non-seulement les substances liquides ou solides, volatilisées par la chaleur appliquée aux différens corps, ou résultant de leur mélange, mais encore les substances aériformes qu'on nomme gaz, ou simplement airs.

Le moyen de recueillir ces fluides élastiques, tout simple qu'il est, ne se présente point au premier abord; leur densité diffère si peu de celle de l'air atmosphérique, qu'il est impossible de les retenir dans des vases ouverts; d'ailleurs, ils se mélangent les uns aux autres dans un temps assez court, et la plupart d'entre eux agissent sur les vessies dans lesquelles ils étaient d'abord contenus. Leur extrême légèreté, cependant, donne les moyens de les retenir à l'aide de

liquides plus denses : on emploie ordinairement l'eau et le mercure.

La première chose qu'on doive se procurer, pour ces sortes d'opération, est donc une cuve à eau, ou cuve hydro-pneumatique, comme l'ont appelée les faiseurs de grands mots; c'est encore à eux qu'on doit le nom de cuve hydrargiro-pneumatique, sous lequel ils désignent ce que nous appelons cuve à mercure. Quoi qu'il en soit, nous conserverons nos dénominations, et nous dirons qu'on fait des cuves à eau de différentes grandeurs.

Les grandes cuves sont en bois et doublées de plomb; elles ont environ quatre pieds de long, trois de large, et deux de profondeur. A environ trois pouces au-dessous de la partie supérieure sont deux rainures qui reçoivent une tablette d'environ le tiers de la longueur de la cuve. Cette tablette est percée de trous qui reçoivent un entonnoir de bois léger, très-large et peu profond, qui sert à transvaser les gaz.

Les petites cuves, pour plus de légèreté, sont ordinairement en tôle, et vernies des deux côtés; elles portent deux poignées au moyen desquelles, si elles ne sont point trop grandes, on peut les transporter d'un lieu à un autre, même pleines; enfin, un robinet s'ajuste à leur fond pour évacuer l'eau. La fig. 160 représente une de ces petites cuves qu'on vend à Londres, et qui ont environ dix-huit pouces de long, neuf de large, et quatorze de profondeur. La tablette est aussi en tôle vernie, et elle entre dans des rainures à trois pouces et demi au-dessous du sommet; elle porte, près de son bord extérieur, deux trous *a a*, auxquels sont soudés deux entonnoirs vernis, qui servent à introduire les gaz dans les vaisseaux qui doivent les conserver. Elles ont deux autres trous *b b*, à la partie

postérieure, dans lesquels on fait entrer occasionnellement des supports à bouteilles *c*, souvent nécessaires pour maintenir fermes les flacons, dont le goulot est fort étroit.

Voici l'usage de cette cuve : on commence par la remplir d'eau jusqu'à ce qu'elle s'élève d'environ un pouce au-dessus de la tablette; alors, si l'on y plonge une bouteille *d*, ou tout autre vase dont le goulot sera dirigé en haut, elle s'emplira d'eau; en la retournant le goulot en bas, elle restera pleine d'eau; car ce liquide y sera maintenu par le poids de l'atmosphère, comme l'est le mercure dans un baromètre. Qu'on place au contraire une autre bouteille vide, comme on le dit ordinairement, mais effectivement pleine d'air, dans la cuve, le goulot dirigé en bas, il n'y entrera que fort peu d'eau; et, si on l'amène sous la tablette et qu'on la retourne lentement, l'air s'échappera en bulles; et pourvu que l'opération soit bien conduite, il s'élevera à travers un des entonnoirs *a*, dans la bouteille pleine placée sur la tablette, et prendra la place de l'eau.

C'est de cette manière que les chimistes transvasent toute espèce de gaz d'un vaisseau dans un autre; c'est-à-dire en faisant monter le fluide plus léger, contenu dans le vase placé au-dessous de la tablette, jusque dans le vase placé au-dessus d'elle, en vertu de l'action du fluide plus lourd.

Mais il existe une si grande quantité de gaz, qui se laissent très-promptement absorber par l'eau, qu'on est obligé de remplacer ce liquide par le mercure. Les cuves à mercure sont souvent en marbre, mais quelquefois aussi formées d'une seule pièce d'acajou creusée convenablement. Tant à cause du poids qu'à cause de la cherté de ce liquide, on fait la cuve plus petite, et

la cavité pour l'immersion du vase n'a juste que la dimension nécessaire. La partie large et peu profonde de la cuve tient lieu de tablette, et occasionnellement on place cependant une petite tablette au-dessus de la partie profonde.

La figure 161 représente une cuve à mercure taillée dans un bloc solide de pierre ou de bois, très-compacte. L'espace profond *a* reçoit le vase *b*, qu'on y plonge; lorsqu'il est plein; on le relève et on le place, l'orifice en bas, sur un des bancs de la cuve; *c* est une cornue de laquelle se dégage le gaz, qui vient s'élever en bulles dans la cloche *b*, et y déplacer le mercure; *d d* sont deux rainures qui reçoivent occasionnellement une tablette, qu'on introduit par la partie la plus large *e*. Les meilleures cuves à mercure sont beaucoup plus profondes; elles ont à une de leurs extrémités une cavité cylindrique profonde, dans laquelle on plonge un vaisseau de même forme, de manière à ce que la surface du mercure, dans la cuve et dans le vase, soit de niveau.

Les vaisseaux de verre dont on se sert avec cette cuve, sont beaucoup plus petits que pour la cuve à eau; mais ils doivent avoir une certaine épaisseur, pour ne point être retournés dans un liquide aussi dense que le mercure, où leur légèreté relative les ferait flotter. En général, on les fixe par des supports placés aux côtés de la cuve.

Lorsqu'on ne recueille que les gaz, on se sert de petites cornues à long col, pour les préparer et les faire passer dans la cuve, comme on le voit dans la figure 161 ; on peut encore employer de petits ballons, comme celui de la figure 162, avec un tube de verre recourbé, qui traverse le bouchon et y est luté. Si cet appareil paraissait trop simple, ou était à trop bon

marché pour plaire au chimiste amateur, il pourrait employer des bouteilles à gaz ou tout unies, comme dans la figure 163; ou tubulées, comme 164 et 165, qu'il trouvera facilement à acheter avec les tubes qui s'y adaptent; mais, en général, il est nécessaire de raccourcir ces tubes, qui sont souvent beaucoup trop longs.

Les plus simples appareils pour recevoir les gaz, à mesure qu'ils passent dans la cuve, sont des bouteilles de verre : on les remplit les unes après les autres, et on les ferme, avec des bouchons de liége ou de verre, pendant qu'elles sont encore renversées, le goulot plongeant dans l'eau; on les place ensuite dans une grande cuve pleine d'eau, et toujours le goulot dirigé vers le fond, jusqu'à ce qu'on en ait besoin.

Lorsque le gaz doit être immédiatement employé, on se sert, ou de la cloche de verre, figure 166, ou du cylindre de la figure 167.

Quand on se propose de recueillir tous les produits de l'opération, qu'ils soient denses ou gazeux, il faut avoir recours à un appareil moins simple. On doit à plusieurs chimistes des appareils de ce genre, extrêmement variés. Nous ne ferons mention que de ceux qui servent à la chimie pratique. Nous passerons sous silence ceux de Pepys, de Burkett, quelque ennuyeux qu'ils soient, à cause de leurs soupapes de verre, de même que celui de Girard, parce qu'on n'obtient point une pression suffisante.

APPAREIL D'HASSENFRATZ.

L'appareil distillatoire, indiqué par Hassenfratz à Lavoisier, se compose d'une cornue *a* (figure 168), d'un récipient à deux tubulures *b*, et d'une série de flacons *c*, communiquant l'un avec l'autre, et avec la

cuve, à l'aide des tubes recourbés *ddd*, et d'une allonge, s'il est nécessaire.

Le récipient *b* est destiné à contenir toutes les parties condensables du produit de la distillation ; les trois flacons qui suivent sont remplis d'eau jusqu'à la moitié de leur hauteur, et les tubes qui vont de l'un à l'autre, et au-delà du second vase seulement, plongent dans l'eau contenue dans la bouteille, ainsi que la figure l'indique.

Le produit gazeux se transmet ainsi à travers l'eau, et s'y trouve absorbé ; cette absorption est encore favorisée par la pression qu'exerce la petite colonne liquide renfermée dans chaque tube : si quelque portion du produit ne peut être absorbée, elle se rend, à travers le tube recourbé qui termine la figure 168, sous une cloche, ou dans une bouteille renversée, sur la cuve à eau.

Chacun des flacons, excepté le récipient, porte un tube droit *efg*, qui s'élève à la hauteur d'environ dix, treize et seize pouces au-dessus du sommet du vase, et s'enfonce dans ce vase d'un demi-pouce environ au-dessous du niveau de l'eau. Ces tubes se nomment tubes de sûreté, parce qu'ils servent à se garantir du reflux de liquide qui pourrait avoir lieu par suite d'un vide partiel résultant d'une condensation dans un des flacons.

Il est évident que, pendant le cours de l'opération à laquelle on pourra employer cet appareil, la liqueur des flacons s'élevera dans ces tubes d'une quantité proportionnée à la pression supportée par le gaz ou par l'air contenu dans ce même flacon, et que cette pression est déterminée par la hauteur et le poids de la colonne liquide contenue dans tous les flacons suivans. Supposons que chaque bouteille contienne trois pouces

d'eau et qu'il y ait aussi une profondeur de trois pouces, dans le réservoir de l'appareil en communication avec celui-ci, au-dessus de l'orifice du tube *d*; supposons, enfin, que la pesanteur des fluides soit seulement égale à celle de l'eau, il en résultera que l'air contenu dans le premier flacon supportera une pression égale à douze pouces d'eau; l'eau s'élevera donc de douze pouces dans le tube *g* du premier flacon, de neuf pouces dans celui *f* du second, et de six pouces dans celui *e* du troisième; on devra donc donner à ces tubes un peu plus de douze, neuf, six et trois pouces de long; car il faut allouer quelque chose pour les oscillations du liquide.

Il est quelquefois nécessaire d'introduire un tube semblable dans le récipient lui-même; mais comme ce tube ne plonge son extrémité inférieure dans le liquide qu'au moment où la distillation en a amassé dans le récipient, son extrémité supérieure doit être fermée d'abord avec un peu de lut, qu'on enlève ensuite dès que le liquide vient couvrir l'autre extrémité.

Au commencement de l'opération, les joints des tubes étant parfaitement recouverts, tout l'appareil est imperméable à l'air; et, par l'action du gaz qui se produit, l'air atmosphérique, contenu dans la partie supérieure des flacons, est presque en totalité chassé par les tubes: il en résulte, dès lors, que, si pendant le cours de l'opération, la quantité du gaz qui se produit vient à diminuer, celle déja produite étant absorbée par l'eau, il se formera un vide partiel: et c'est toujours ce qui arrive à la fin de l'opération. La conséquence de ceci est que l'eau contenue dans la cuve, pressée par l'air extérieur avec plus de force que par le gaz intérieur, s'élevera dans le premier tube, et rétrogradera ainsi, de flacons en flacons, jusqu'au récipient, mêlant tout,

et détruisant tout le fruit de l'opération. C'est pour remédier à ces inconvéniens, qu'on emploie les tubes de sûreté : en effet, s'il se forme un vide partiel, l'air atmosphérique se fait jour à travers la petite surface de liquide qui s'élève au-dessus de leur extrémité inférieure; et, s'élevant dans le haut des flacons, il rétablit l'équilibre.

Un des défauts de cet appareil est que l'avantage qui résulterait de l'immersion, dans le premier flacon, du tube qui met en communication le récipient avec ce flacon, est perdu ; car, comme le récipient sert presque toujours à rassembler les produits solides, et doit, par conséquent, être sans eau, il ne peut avoir de tube de sûreté : d'où l'on voit que, si le tube qu'il porte entrait dans le liquide du flacon, ce liquide rétrograderait dans le récipient dès qu'il y aurait une condensation, ou que la cornue cesserait de fournir du gaz ; l'appareil est donc représenté dans la figure tel qu'il doit être, avec l'extrémité du tube du récipient un peu élevée au-dessus de la surface du liquide, tandis qu'elle plonge, au contraire, dans les autres flacons.

Cependant comme le liquide du premier flacon est dans la meilleure situation possible pour s'imprégner de gaz et former les produits les plus concentrés, il est de quelque importance de favoriser cet effet, et de forcer le gaz à traverser le liquide, en y faisant plonger le tube.

TUBE DE SURETÉ DE WELTER.

A cet effet, les expérimentateurs ont employé le tube de sûreté de Welter: c'est un tuyau recourbé, portant lui-même un second tube, recourbé aussi, et muni d'une petite cavité sphérique, qui met le récipient en communication avec le premier flacon.

Dans ce tube, qu'on voit représenté figure 169, on verse une petite quantité d'eau, dont le niveau coupe à peu près la sphère également, lorsque les pressions intérieures et extérieures sont égales : si l'élasticité augmente à l'intérieur de l'appareil, par suite d'un plus grand dégagement de gaz, l'eau s'élève dans le tube jusqu'au petit entonnoir qui le termine : si, au contraire, il se produit une condensation, l'eau est refoulée dans la balle par la pression atmosphérique ; lorsqu'elle a dépassé le coude placé au-dessous de la balle, une partie de l'air traverse celle-ci et se rend dans le vase, ou flacon, auquel ce tube est adapté.

Ce tube de sûreté, bien qu'il soit effectivement utile dans beaucoup de circonstances, n'est cependant point exempt d'inconvéniens : d'abord, sa forme même le rend très-fragile ; de plus, il est impossible d'en obtenir une grande pression, sans lui donner une longueur fort gênante, et qui ne pourrait que rendre l'instrument encore plus fragile.

TUBES A BALLES DE MURRAY. (MURRAY'S BALLED PIPES.)

Le moyen employé par le D[r] Murray, pour remédier à cet inconvénient, est plus simple : il se sert de tubes recourbés, qui ne diffèrent de ceux qu'on emploie ordinairement qu'en ce qu'ils portent à la branche introduite dans le flacon, et qui plonge dans le liquide qu'il contient, une petite sphère placée comme on le voit dans la figure 170 ; il est facile de proportionner la profondeur à laquelle le tube entre dans le liquide en *b*, à la dimension de la balle ; dès lors, si quelque condensation a lieu en *a*, le liquide de *b* s'élève et remplit la balle, et l'extrémité du tube se découvre ; une portion du gaz s'élève à travers l'eau, et conserve

l'équilibre ; de sorte que, si le tube n'est point trop enfoncé, aucune partie du liquide de *b* ne peut passer en *a*.

L'usage de ces tubes à balles a tout-à-fait remplacé celui des tubes de sûreté, et avec avantage, comme on le voit : puisque, d'une part, si la profondeur à laquelle plongent leurs extrémités inférieures est bien proportionnée à la dimension de la balle, le reflux du liquide ne peut avoir lieu, et que, d'un autre côté, on peut obtenir une pression, pour ainsi dire, sans limite, en faisant plonger un tube, qui part du dernier flacon, à une profondeur quelconque, dans la cuve à eau, ou à mercure. Cet appareil est, sans contredit, le meilleur qu'on ait inventé jusqu'ici, et il ne paraît point qu'il soit susceptible de perfectionnement ultérieur.

APPAREIL DE COXE.

Le D[r] John Redman Coxe, professeur de chimie à Philadelphie, fit connaître au D[r] Thomson un appareil à peu près semblable au dernier, dont on donna la description, dans les *Annals of philosophy*, et qui, inférieur, sous plusieurs rapports, à celui que nous venons de décrire, a cependant, sur ce dernier, l'avantage d'être plus facile à construire, puisqu'il n'exige que des tubes ordinaires.

On met le récipient ordinaire, figure 171, en communication avec une série impaire de flacons : le premier, le troisième et le cinquième demeurant vides ; le second et le quatrième, au contraire, étant à-demi remplis d'eau ou d'un liquide convenable. La disposition des tubes exige une attention particulière : ceux qui établissent la communication entre le récipient et le premier flacon, entre le second flacon et le troisième, entre le quatrième et le cinquième *aaa*, ne

portent que des branches courtes, qui ne descendent que d'un demi-pouce environ au-dessous de l'ouverture de la cornue et de la bouche des flacons; au contraire, ceux *bb*, qui joignent le premier flacon au second et le troisième au quatrième, ont des branches suffisamment longues pour atteindre le fond des flacons ; enfin, le tube qui va du cinquième flacon à la cuve, ne descend que peu au-dessous de l'orifice de ce flacon.

D'autres tubes de verre droits *cc*, dont on règle la longueur comme nous l'avons déja dit, sont introduits à travers la partie supérieure des seuls flacons qui contiennent l'eau, et y plongent d'environ un demi-pouce.

Alors, s'il se produit quelque condensation, ou absorption, le liquide de la première bouteille pleine, ou de la cuve s'élevera dans les tubes, et passera, au moins en partie, dans la bouteille vide destinée à le recevoir; il ne pourra point rétrograder davantage: car aussitôt que l'extrémité des tubes de sûreté *cc* se trouvera découverte, l'air atmosphérique s'introduira dans les flacons et s'opposera à la rétrogradation du liquide des bouteilles suivantes, ou de la cuve; et quoique le liquide de la seconde bouteille puisse continuer à s'élever et rétrograder dans la première, par l'effet de la pression atmosphérique à travers le tube de sûreté, cependant, comme le tube qui joint le récipient au premier flacon ne descend que fort peu au-dessous de la partie supérieure de ces vases, on n'a point à craindre que ce liquide soit refoulé dans le récipient ; il en est de même pour le liquide de la cuve.

Lorsque cette absorption, ou condensation, a eu lieu, et que les gaz et les vapeurs continuent à se dégager, ils ne tardent point à refouler le liquide dans le flacon où il était d'abord; cela a lieu lorsque ces gaz ou ces

vapeurs ont acquis une tension suffisante pour supporter une colonne liquide d'une hauteur égale à la branche des longs tubes.

Si l'opérateur fait usage d'une cornue tubulée, ou d'un autre vase distillatoire, et qu'il s'astreigne à surveiller les condensations et les absorptions, il pourra encore plus facilement admettre l'air atmosphérique en les débouchant.

Il n'est pas plus nécessaire d'avoir des tubes de sûreté pour cet appareil qu'avec les tubes à balles de Murray, pourvu que l'opérateur ait le soin de donner au dernier flacon vide une capacité suffisante pour contenir tout le liquide qui pourrait rétrograder, par l'effet d'une absorption, tant que le bout du tube qui entre dans la cuve y restera couvert.

APPAREIL D'HAMILTON.

Hamilton, dans sa traduction de l'ouvrage de Berthollet sur la teinture, avait ajouté, au troisième appareil de Woulf, un bassin et un support pour les flacons renversés destinés à recueillir les gaz non condensés.

La figure 172 représente cet appareil : *a* est une cornue dont le col entre à frottement dans un bondon *b*, qu'on voit seul en *y*, et qui est fixé à la bouche d'un récipient sphérique *c*.

Ce bondon *c* est percé de manière à ce qu'on puisse donner à la cornue une inclinaison convenable, au lieu de lui laisser la position horizontale qu'elle serait forcée de conserver si elle s'adaptait tout simplement en *c*; ce bondon *b* a de plus un bouchon *x*, qui le ferme lorsqu'on enlève la cornue, soit pour la peser, soit pour tout autre motif. Le premier récipient *c* porte un petit col diamétralement opposé au premier, qui

s'engage dans celui du second récipient *d;* ce récipient *d* a une tubulure supérieure traversée par un tube de sûreté *h*, qui modère les absorptions et les réactions par son action contre la force qui tend à faire passer les gaz à travers les tubes recourbés *c*, *k*, *l*. Chacun de ces récipiens *e*, *f*, *g*, a d'ailleurs deux cols, dont l'un reçoit celui du précédent, et l'autre entre dans celui du suivant avec un tube recourbé d'un quart de pouce de diamètre qui plonge presque jusqu'au fond du vase dans le liquide qu'il contient, et qui est ordinairement de l'eau. Au moyen de cette disposition le premier produit de la condensation est reçu en *c;* les vapeurs plus pures passent en *d*, où elles se condensent en parties par l'effet de l'eau contenue dans ce vase; une autre partie de ces vapeurs vient se condenser dans l'eau de *e* à travers le tube courbé *i*, et ce qui échappe à la condensation en *e*, passe par *k* dans le liquide de *f;* de cette manière l'opération s'avance de récipient en récipient jusqu'à ce que le produit aériforme qui a échappé à ces causes de condensations successives, se rende à travers l'eau dans un des flacons renversés *p*, placés après le dernier des récipiens dans une capsule assez remplie de liquide pour que leur goulot y plonge.

s s sont une paire de pièces de bois sur lesquelles reposent les ballons, et qui permettent de les ajuster à des distances convenables.

Toute la file des récipiens ainsi que la capsule ou terrine qui sert de cuve, reposent sur une planche; et le support des bouteilles ayant la facilité de tourner, permet de placer alternativement ces bouteilles au-dessus du tube recourbé qui laisse passer le gaz, de sorte qu'on peut les remplir successivement, les changer, les vider, et les faire servir de nouveau.

Cet appareil ne doit être préféré à aucun des deux derniers que nous avons décrits.

APPAREIL DE DE BUTT.

On doit à M. de Butt, de Baltimore, un appareil distillatoire fort commode, que nous allons faire connaître. Il se compose de deux flacons portant chacun deux ouvertures vers leur fond, et diamétralement opposées.

Le premier flacon *a*, figure 173, communique au vaisseau distillatoire par le moyen d'un récipient à deux tubulures, et à l'aide d'un tube qui y est luté; l'une des ouvertures de côté est bouchée; on établit ensuite la communication entre le flacon *a* et celui *b*, par un tube droit à l'extérieur, mais courbé à l'intérieur de *a*, de manière à s'élever au-dessus du niveau de l'eau employée à la condensation, et dont la figure montre le niveau. La communication entre tous les autres flacons est établie de la même manière jusqu'au dernier, qui porte le tube *d* qu'on introduit dans la cuve.

On conçoit facilement que le gaz passe par le tube recourbé d'un flacon dans celui qui le suit jusqu'à la cuve; on peut ajuster les tubes en les usant à l'émeri; mais cette opération n'est jamais parfaite : il est donc préférable de les faire passer à travers des bouchons enduits de cire; ces bouchons n'étant que peu exposés à l'action des gaz, puisqu'ils sont sous l'eau, auront peu à craindre de leur action; les tubes de sûreté s'ajustent de la même manière; et comme il est peu commode de détacher ces flaçons, on en extrait le liquide lorsque la distillation est terminée au moyen d'un siphon introduit dans le goulot, ou par une ouverture pratiquée vers le fond du vase, entre celles qui

reçoivent les tubes, ouverture qu'on ferme pendant l'opération avec un bouchon de liége enduit de cire ou tout autre.

Un des avantages particuliers de cet appareil est que tous les joints, à l'exception du premier, sont situés sous l'eau, de sorte que le gaz ne peut s'échapper. On l'emploiera donc de préférence pour la préparation des produits dont l'action sur l'économie animale peut être nuisible, pour celle du chlore, par exemple.

APPAREILS DE KERR.

Les personnes qui n'ont que peu ou n'ont point de notions de chimie, sont souvent éloignées de tenter les expériences qui les intéressent, par une idée exagérée de la dépense auxquelles elles seraient entraînées, et parce qu'elles s'imaginent aussi que la place leur manquera toujours.

L'ouvrier voit immédiatement l'économie qui résultera pour lui de l'essai d'une machine en en construisant un modèle très-réduit. L'architecte lui-même cherche souvent à donner une idée de l'édifice qu'il se propose de construire au moyen d'un plan en relief toujours bien préférable à un dessin, et qui ne l'entraîne point cependant dans de grandes dépenses; mais on peut aussi faire à peu de frais de la chimie *en miniature*. Beecher fut le premier qui s'occupa de cette chimie microscopique comme on l'appelle quelquefois. Cronstedt lui succéda, et après lui Engestrom, Bergman, Gahn, Wollaston, Marcet et Berzélius.

Les tubes de verre décrits récemment par M. Kerr, peuvent être considérés, ainsi que les chalumeaux, comme appartenant à ce genre d'expériences.

La figure 174 représente les tubes de Kerr. Les tubes simples *a* sont des tuyaux de verre creux de dix pouces à un pied de longueur, et d'un quart à un demi-pouce de diamètre, c'est-à-dire qu'ils permettent d'opérer sur une quantité de un quart à trois quarts d'once de liquide. Ils sont fermés par un bout *b*, et courbés un peu au-dessous du milieu, de manière que les deux branches divergent à peu près à angles droits, la branche fermée étant quelquefois plus courte que la branche ouverte. Le coude de ce tube doit être élargi à l'intérieur de la courbe, et même un peu plus vers la branche courte que vers la branche longue comme on le voit dans la figure. La partie saillante *c*, du côté convexe, ne correspond point à la partie saillante *d* du côté concave; mais elle est au-dessous de la courte branche.

Cette forme une fois donnée au verre, le gaz qui peut se dégager par l'action d'un liquide sur un solide, peut être facilement recueilli dans la branche fermée de la manière suivante: on soulevera le tube, de manière que l'extrémité de la branche ouverte soit plus élevée que l'autre; puis on versera le liquide jusqu'à ce que son niveau dépasse un peu le coude de l'instrument; alors, relevant un peu la branche fermée à la hauteur de la branche ouverte, le liquide restera dans la première, en vertu de la pression atmosphérique. C'est alors qu'on introduit, par la branche ouverte, le corps solide qui viendra se rendre vers le côté convexe du coude; si, de l'action mutuelle du liquide et du solide, ou si, par l'action de la chaleur qu'on pourrait appliquer au coude, il y a un dégagement de gaz, ce gaz ira se rendre dans l'extrémité de la branche fermée, où il se trouvera séparé de l'air atmosphérique par le liquide. On déterminera facile-

ment la quantité de gaz qui se sera formée en collant sur le tube un petit morceau de papier, et en prenant ensuite le poids de la quantité d'eau nécessaire pour remplir cette partie du tube qui contenait le gaz, et qui se trouve indiquée par le morceau de papier.

Ces mêmes tubes, ou mieux encore des tubes de cette espèce, mais d'une plus grande capacité, peuvent être employés à déterminer aussi la quantité de gaz absorbée par un liquide quelconque.

Dans ces expériences d'absorption, on bouchera la branche ouverte du tube, afin que le liquide n'agisse que sur le gaz contenu dans le tube. On emploiera, pour mesurer l'absorption, la méthode précédente : c'est-à-dire qu'on collera une petite marque de papier là où le gaz s'arrête dans le tube, tant avant qu'après l'expérience, et l'on prendra le poids de la quantité d'eau qui pourrait être contenue dans le tube entre les deux marques.

Si cette expérience exigeait un temps assez long, on introduirait le coude du tube dans une des ouvertures oblongues pratiquées dans la tablette de la cuve *e*, figure 174.

M. Kerr a encore employé une autre espèce de tubes, qui permettent d'examiner le gaz à une période quelconque de l'expérience, sans en arrêter les progrès, soit que l'on ajoute un liquide quelconque aux matières contenues dans le tube, soit même en mêlant le gaz qui s'y est dégagé avec l'air atmosphérique.

Ces tubes diffèrent fort peu de ceux que nous venons de décrire. La seule différence qui existe entre eux est que les derniers sont ouvers à leurs deux extrémités, et qu'ils ont trois coudes au lieu d'un.

La première partie du tube *f*, celle par laquelle on introduit les matières, est courbée horizontalement à

son fond; à quelque distance du point *f*, en *g* elle se relève, puis se courbe de nouveau, et de bas en haut en *g'*, pour former la branche descendante, qu'on ferme à volonté par un bouchon de liége ou de verre usé à l'émeri *h*. Si l'on emploie un bouchon de liége, on devra l'enduire de cire, pour qu'il résiste à l'action des acides.

Ce tube étant fermé, on verse le liquide par la première branche *f*, jusqu'à ce qu'il s'élève en *g'*, avec les précautions déja indiquées. On tourne alors le tube, jusqu'à ce que le premier coude *f* devienne le point le plus bas de l'appareil, et l'on introduit le corps solide dans le tube. Lorsque l'action commence à s'exercer, le gaz qui se dégage s'élève dans la branche ascendante *g g'*, et en déplace le liquide, en le forçant de s'élever dans la première branche. Mais quelque partie du liquide restera alors dans la branche descendante *g' h*, et il est nécessaire de l'en expulser: on forcera facilement cette partie du liquide à aller rejoindre le reste, en élevant simplement la branche *g' h* un peu au-dessus du coude supérieur. Si les tubes ont été convenablement courbés, c'est-à-dire si l'angle formé par les branches *g h* est plus grand que celui des branches *f g*, on n'aura point à craindre de répandre le liquide par la branche ouverte, ni d'introduire de l'air atmosphérique dans la partie du tube où le gaz se trouve séquestré.

Pour transvaser, dans un autre tube, le gaz qui a pu se former, on plongera, dans une cuve à eau ou à mercure, la branche descendante *g' h* du tube, et ôtant le bouchon, on laissera échapper autant de gaz qu'on le jugera convenable.

Afin de pouvoir faire plusieurs expériences à la fois, M. Kerr employait une petite cuve *e* de dix pouces

de longueur, sept de largeur et de profondeur, munie d'une tablette percée de quatre ouvertures longitudinales, qui peuvent recevoir chacune un tube. Cette tablette *k* est disposée sur un des côtés de la cuve et repose sur un tasseau. A l'intérieur même de la cuve et contre le côté auquel attient la tablette *k*, est une autre planchette *i* de la longueur de la cuve, c'est-à-dire de dix pouces; elle a environ trois pouces et demi de largeur, et elle est placée d'un pouce ou deux au-dessous de la surface de l'eau. Cette planchette est elle-même percée d'ouvertures longitudinales, qui correspondent à celles de l'autre tablette. Ces dispositions sont surtout utiles, lorsqu'il est nécessaire d'échauffer le liquide contenu dans le tube.

La première branche *f* porte une soufflure sphérique, qui n'est nécessaire qu'autant que cette première branche n'a point assez de capacité pour contenir tout le liquide chassé par le gaz contenu dans la seconde branche *g h*.

TUBES A IGNITION. (IGNITED ADAPTERS.)

Les substances volatiles, exposées à l'action de la chaleur dans les appareils distillatoires ordinaires, échappent bientôt en vapeur à l'action prolongée de cet agent; il est cependant quelquefois nécessaire de les forcer à subir un certain degré de chaleur pendant un temps assez long. Tel est le but des appareils et des méthodes dont nous allons nous occuper.

La première et la plus ancienne méthode consiste à employer une allonge étroite, pour mettre en communication le vase à distiller et le récipient, et à entourer celle-ci de feu, de manière à la faire rougir; on commence alors la distillation, et l'on force les vapeurs de la traverser dans cet état. Afin même de prolonger

l'action de la chaleur, on remplit l'allonge de substances propres à modérer la vitesse du passage de ces vapeurs.

On se sert encore, pour échauffer l'allonge, d'un fourneau provisoire, formé de morceaux de briques coupées en deux ou trois parties; mais le fourneau de Knight, de la figure 47, est encore plus commode : il porte deux ouvertures *gg*, pratiquées aux côtés opposés de son foyer, et qui sont précisément destinées à recevoir ces espèces d'allonges.

Lorsqu'on emploie des allonges de verre, elles s'amollissent tellement à la chaleur, que l'expansion de l'air qu'elles contiennent, et qui ne peut surmonter la pression du liquide contenu dans la cuve où ils plongent, ne tarde point à les crever : il est donc nécessaire de les envelopper d'une feuille de tôle.

Les allonges de terre deviennent poreuses au feu, et se laissent traverser par l'air et par la vapeur.

On se sert quelquefois aussi de vieux canons de fusil; mais le métal est si facilement attaqué par les autres substances, que ces allonges ne sont nullement propres à des usages généraux.

Lavoisier employait un tube de laiton tourné, très-solide et sans joints; d'autres se sont servis d'allonges de cuivre, travaillées de la même manière, c'est-à-dire forées à la manière des canons.

Lorsqu'on juge que les vapeurs n'ont pas été suffisamment altérées, en les faisant passer à travers un seul tube, on en emploie deux ou trois, et on les fait passer de l'un à l'autre.

La figure 175 représente un appareil de ce genre, dont on voit le plan, figure 176. *a a a* sont trois canons de fusil qui servent d'allonges; ils passent dans des ouvertures d'une dimension convenable, à travers

le fourneau *b*, et la communication est établie entre eux par les petits tubes de verre recourbés *c c ;* ainsi les gaz qui se dégagent du flacon *d*, ou de tout autre vase qu'on peut y substituer, passent successivement dans les trois allonges *a*, où ils sont soumis à l'influence de la chaleur, et se rendent enfin sous la cloche *e*, placée sur la tablette d'une cuve à eau.

On a cherché à purifier le gaz de l'éclairage au moyen de tubes de cette espèce.

APPAREILS POUR L'ANALYSE DES SUBSTANCES ORGANIQUES.

Le D[r] Bryan Higgins, pour la distillation plus complète des corps qui donnent une substance huileuse par les procédés ordinaires, plongeait la cornue qui les contenait dans le sable d'un réverbère à chambre, semblable à celui que nous avons décrit, et à mesure que la distillation s'avançait, il laissait échapper le sable par l'ouverture pratiquée dans le bas de la chambre; pour son analyse de l'acétate de potasse, il plongeait le tube de verre qui le contenait dans le sable et l'en retirait graduellement, en exposant ainsi toute la partie chargée à l'action de la chaleur.

Dans ces derniers temps on a beaucoup perfectionné cette méthode, et on l'a appliquée avec grand succès à l'analyse des corps organisés. Nous avons choisi, dans la variété d'appareils construits dans ce but, les deux suivans, que nous allons décrire et qui sont les plus commodes : l'un se chauffe au charbon de bois; l'autre à la lampe.

L'objet principal, dans ces sortes d'analyses, est d'empêcher la production de l'huile par l'addition d'une substance qui fournisse de l'oxigène en quantité

suffisante pour convertir tout le carbone et tout l'hydrogène en gaz acide carbonique et en eau.

APPAREIL DE BERZÉLIUS.

M. Berzélius donne au tube distillatoire *a*, représenté figure 177, environ un demi-pouce de diamètre; ce tube porte un col étroit par lequel il introduit le mélange, et alors il l'étire à la lampe en un tube long et étroit *b*. Il donne à ce col une aussi grande longueur, afin de pouvoir l'effiler ensuite, sans introduire dans le tube l'humidité produite par l'action de la lampe sur le tube de verre qu'on échauffe; afin, d'ailleurs, de n'être point obligé d'employer des tubes d'une trop grande longueur, on en introduit l'extrémité dans un récipient de verre fort mince *c*, d'un pouce de diamètre environ qui se joint au tube, par un petit tuyau de gomme élastique d'un pouce de longueur environ et d'un diamètre convenable.

Ce petit tuyau de gomme élastique est attaché au tube et au récipient avec un fil de soie. On obtient ainsi un joint flexible, et impénétrable à l'air. La partie effilée du tube entre dans le récipient d'une longueur égale au quart de celle de ce dernier.

Il attache alors le petit col du récipient *c*, au moyen d'un autre tuyau de gomme élastique, à un long tube du verre *d*, rempli d'hydrochlorate de chaux, préalablement porté au rouge, sans le fondre cependant, et conservant une texture spongieuse qui présente une grande quantité de surface, sans donner trop de poids au tube qui le contient. Ce tube a vingt pouces de long et un quart de pouce de diamètre. Il est terminé à ses deux extrémités par de très-petits tuyaux; ces derniers sont recouverts de mousseline à la partie qui

entre dans le grand tube pour empêcher le chlorure de calcium d'en sortir, et ils sont lutés à ce grand tube avec de la cire à cacheter. L'un de ces petits tubes communique avec le récipient *c*, par un petit tuyau de gomme élastique; l'autre est joint par le même moyen à un tube de verre recourbé *e*, qui porte les gaz dans la cuve, sous la cloche *f*. Le poids du petit récipient *c*, et des deux tuyaux de gomme élastique, est d'environ 85 grains, et celui du tube *d*, contenant le chlorure, d'environ 772 grains.

Afin de donner plus de force au tube de verre principal et qui doit subir l'action du feu, M. Berzélius enveloppe ce tube d'une feuille d'étain très-mince, maintenue par un fil de fer. Il est nécessaire d'avoir cette précaution; car il n'est point de tube de verre qui résiste à l'expansion de l'air, lorsque cette expansion est gênée par la colonne d'eau ou de mercure qui s'élève au-dessus du tube *e* dans la cuve, et que ce tube commence à s'amollir au feu.

Le tube, ainsi disposé, est placé entre des briques; on ne voit dans la figure que la brique postérieure, celle antérieure manquant pour laisser voir le tube; on allume un feu de charbon de bois du côté de l'extrémité la plus élevée du tube, et un écran de fer mobile *h* protége le reste du tube contre son action.

Cet écran est percé d'une ouverture que traverse le tube, et lorsque le dégagement de gaz commence à se ralentir, on repousse l'écran vers la partie postérieure d'un demi-pouce ou d'un pouce à chaque fois, la décomposition s'opérant ainsi par petites parties au gré de l'opérateur.

APPAREIL DE COOPER.

MM. Gay-Lussac et Thénard, ainsi que le Dr Prout,

avaient appliqué la chaleur de la lampe à l'analyse des substances organiques avant M. Cooper; mais il a tellement perfectionné cet appareil, qu'il paraît aujourd'hui à l'abri des objections qu'on avait trouvées à l'emploi des lampes dans des opérations aussi délicates. Il ne le cède en rien aux appareils chauffés par le charbon de bois.

a et *b*, figure 178, sont deux longues lampes à esprit, portant chacune dix mèches; les porte-mèches de chaque lampe sont inclinés vers les porte-mèches de l'autre lampe, comme on le voit dans la coupe figure 179. Elles reposent sur un plateau d'étain à bords relevés, posant sur quatre pieds. Ce plateau a dans le milieu une ouverture longitudinale de toute la longueur des lampes et d'une largeur *e*, figure 179. L'on incline ainsi les porte-mèches, afin de pouvoir rapprocher les lampes à une distance convenable, tout en laissant passer entre elles un courant d'air qui active la combustion; c'est pour le même motif que le plateau est ouvert le long de sa ligne, et qu'il est élevé au-dessus du sol par les pieds qui le supportent. *dd* sont des ressorts métalliques, placés à chaque extrémité du plateau, pour recevoir et maintenir, entre les rangs de lampes, le tube *f* qui contient les substances qu'on veut soumettre à l'analyse. Ces pincettes *g* s'ouvrent pour recevoir le tube; en en pressant la partie *g*, figure 179, avec le pouce et l'index : elles se referment dès que la pression cesse.

Si le tube était plus court que la rangée de lampes, on placerait un support intermédiaire dans la partie *e* du plateau, support qui s'éleverait alors entre les lampes, et maintiendrait le bout du tube. Ces tubes sont hermétiquement fermés par un bout, et l'on y introduit les matières lorsqu'ils sont encore droits : on

en recourbe ensuite l'autre extrémité pour la faire entrer dans la cuve à mercure. Ces tubes sont recouverts d'une feuille de cuivre, qui s'enroule en hélice autour d'eux : si chaque tour vient recouvrir la moitié du tour précédent, le tube aura une double enveloppe dans toute sa longueur ; il en aurait une triple, si le second tour mordait sur le premier des deux tiers de sa longueur, et ainsi de suite. Cette enveloppe conserve au verre sa forme, lorsqu'il s'amollit par l'effet de la chaleur, l'empêche de se boursouffler par la pression intérieure du gaz ; elle répartit aussi la chaleur plus également dans toute la longueur du tube. Les spires de l'enveloppe dépassent l'extrémité du tube, afin d'atteindre le support et de laisser cette extrémité soumise à l'action des lampes : *h*, par exemple, est cette extrémité pour le second tube ; et l'on voit, en *i*, le bout de l'enveloppe de cuivre, qui est arrêtée au moyen d'un tour, ou deux, de fil métallique.

Le troisième tube, ou tube supérieur, dans la figure 178, montre la disposition de l'enveloppe, ainsi que le rapport des espaces occupés par les matières qu'il contient, qui sont d'abord un mélange d'oxide de cuivre et de la substance qu'on soumet à l'analyse ; puis de l'oxide de cuivre pur, ou de la limaille de ce métal ; enfin de l'asbeste. A-t-on quelque raison de croire qu'il se formera beaucoup d'eau ? on soufflera une boule au tube, ou bien on y en adaptera une préparée d'avance.

Comme on n'allume les lampes que successivement, en commençant par celles qui sont situées plus près de la cuve, on a établi de petits supports de fer-blanc *ooo*, qui sont fixés verticalement entre chaque lampe et contre lesquels s'appuie un écran mobile de fer-blanc *pp*, qui empêche les becs allumés de commu-

niquer le feu à ceux qui ne le sont point encore; cet écran permet aussi à l'opérateur de souffler les becs dont l'action n'est plus nécessaire. Les lignes ponctuées *pp*, de la figure 179, montrent encore cet écran passant d'une lampe à l'autre : on recouvre chaque porte-mèche d'un petit chapeau plat, pour arrêter l'évaporation de l'esprit, lorsqu'on ne fait point usage du bec.

BOUTEILLES, ENTONNOIRS, SIPHONS, etc.

C'est dans le verre qu'on renferme aujourd'hui la plus grande partie des produits chimiques, des liquides surtout, et même en quantité très-considérable. Il en est cependant quelques-uns, tels que la chaux vive, par exemple, qui ne peuvent y être conservés sans danger : cette dernière absorbe d'abord l'humidité, puis le gaz acide carbonique de l'atmosphère; elle renfle considérablement, et casse quelquefois les bocaux de verre qui la contiennent.

Les poudres végétales s'altèrent aussi beaucoup par l'effet de la lumière qui traverse le verre : les apothicaires doivent donc les renfermer dans des boîtes de bois plutôt que dans des bocaux de verre.

C'est ordinairement dans des tiroirs qu'on place les substances solides qui n'ont rien à craindre de l'humidité; mais il devient alors assez embarrassant d'en changer l'ordre et la disposition : des boîtes de bois, ou des jarres de grès, avec couvercles de la même substance, sont infiniment préférables. De quelque grandeur que soient ces jarres, il est beaucoup plus commode de les fermer de couvercles de la même matière que le vaisseau même, que d'employer le par-

chemin, ou le cuir. On est ainsi dispensé de dénouer et renouer continuellement les cordons qui maintiennent ces derniers couvercles.

Lorsque des bouteilles ont été lavées et égouttées, il y reste toujours une certaine quantité d'eau, dont il est souvent assez difficile de les débarrasser, lorsqu'on veut s'en servir. Les placer dans un four pendant quelques heures est un moyen encore moins efficace que de souffler dedans avec un soufflet; mais ce qu'on peut faire de mieux, est d'y introduire du trapp, grossièrement pulvérisé, bien sec, et même chauffé, et de secouer cette poudre dans la bouteille. On peut, au lieu de trapp, employer de petites bandes de papier à filtrer. L'une ou l'autre de ces substances ne tardera point à absorber l'humidité du vase.

Si les substances qu'on veut placer dans le flacon s'altéraient par l'action de l'air, on pourrait en purger assez bien la bouteille, sans l'aide d'une pompe à air, en y introduisant un morceau de papier brouillard ou à filtrer, ou bien un petit tampon de filasse, préalablement trempé dans l'esprit-de-vin : on y met le feu, et après une combustion d'une ou deux secondes, lorsque la flamme est encore dans toute sa force, on ferme promptement la bouteille et bien hermétiquement.

DES FLACONS BOUCHÉS.

Il est souvent utile d'employer les bouchons de verre usés à l'émeri, inventés par Glauber; mais le liége retient mieux que les bouchons de verre les liquides volatils, et on devra le préférer toutes les fois que les liquides n'auront point d'action sur lui.

Cependant lorsqu'on ouvre souvent une bouteille, ou qu'on la laisse fort long-temps bouchée, le liége

perd de son élasticité, et il devient nécessaire de remplacer les bouchons de cette substance.

Il est quelques substances liquides et même solides qui ne se laissent renfermer par aucune espèce de bouchon, et d'autres qui les attachent si fortement au goulot, qu'il devient impossible de les extraire.

Les huiles mucilagineuses ne peuvent être contenues dans aucun vase. Berzélius, pour empêcher l'huile de sa lampe de voyage de suinter, y a adapté un col creusé en écrou, qui reçoit alors une vis; cette vis est préalablement recouverte d'un morceau de cuir, trempé dans de la cire d'abeille en fusion, qui se trouve ainsi pressé avec force contre le goulot de la lampe. L'iode, bien que solide, et même cristallisé, s'insinue entre le bouchon et le goulot des flacons, et les fait adhérer l'un à l'autre avec une grande force; il altère même les étiquettes collées sur la partie extérieure du flacon. Il en est de même de l'hydrochlorate de tritoxide de fer et de quelques autres substances. Les chimistes font tous leurs efforts pour prévenir ces effets; ils graissent ou cirent les bouchons, mais quelquefois sans succès.

FLACONS A BOUCHONS DOUBLES.

Les anatomistes ont beaucoup de peine à prévenir la volatilisation de l'esprit-de-vin, qui s'échappe continuellement de leurs flacons, quelque bien lutés qu'ils soient, et laisse bientôt à sec les objets qu'ils y conservent. Glauber, dans son cinquième livre, sur les Fourneaux, où cependant il traite du sujet qui nous occupe, proposa d'imiter la méthode suivie par les chimistes pour fermer leurs fourneaux à tours, et de l'appliquer aux flacons, en y adaptant des bouchons doubles : l'espace laissé entre eux étant, d'ailleurs, rempli de mercure. On a fait un grand nombre d'essais

pour perfectionner cette méthode, et l'on a conseillé de remplacer le mercure par la graisse de porc. Peut-être, avec un peu d'adresse, pourrait-on couler, dans l'intervalle, quelque métal fusible; mais il est toujours à craindre que les dilatations inégales du verre et de la substance dont on pourrait se servir, n'altèrent, à la longue, l'imperméabilité qu'on obtiendrait en premier lieu, et ne donnent passage à un fluide aussi subtil. Ce qu'on a proposé de mieux, selon nous, serait d'imiter la fermeture de Berzélius pour l'huile; c'est-à-dire de serrer un morceau de gomme élastique contre le goulot d'une bouteille ordinaire, au moyen d'une vis s'ajustant au goulot par un collet.

DES ENTONNOIRS.

Outre les entonnoirs ordinaires, les chimistes doivent être munis de quelques entonnoirs particuliers, tels que les entonnoirs capillaires et ceux qui servent à remplir les cornues : ces derniers sont terminés par un tuyau recourbé, suffisamment long pour pénétrer dans le corps même de l'appareil, et y déverser le liquide sans humecter le col.

L'entonnoir capillaire sert à introduire les liquides dans le fond des tubes fermés sans humecter les parties supérieures du tube; comme ces entonnoirs sont extrêmement fragiles, on les fabrique à mesure des besoins, en chauffant un morceau de tube de verre par une de ses extrémités et l'étirant promptement.

La figure 180 montre comment on peut filtrer une plus grande quantité de liquide que l'entonnoir n'en contient, sans avoir à le remplir aussi souvent; en effet, le liquide contenu dans le ballon renversé y reste suspendu par la pression atmosphérique, et il ne commence à descendre que lorsque le niveau du liquide

versé dans l'entonnoir s'abaisse au-dessous de l'orifice du ballon, et permet aux bulles d'air de s'élever dans son intérieur.

En plaçant dans l'entonnoir, et au-dessus du niveau du liquide, deux cartons demi-circulaires, échancrés au centre, de manière à pouvoir être traversés par le col du ballon, et en se servant d'un flacon à col étroit, pour recevoir le liquide, on préviendra, en grande partie, l'évaporation de la liqueur et l'absorption du gaz acide carbonique de l'air. Cet appareil est donc très-convenable pour filtrer les teintures spiritueuses, et les solutions d'alkalis caustiques.

DES SIPHONS.

Les siphons, comme on le sait sans doute, se composent de deux branches, dont l'une est plus longue que l'autre.

Le siphon d'étain ordinaire, figure 181, porte un robinet à l'extrémité de sa longue branche, et un peu au-dessus de ce robinet, un tuyau par lequel on suce, ou bien où l'on fait le vide au moyen d'une tige et d'un piston, pour élever le liquide dans lequel plonge la branche courte jusques au-dessus du coude, et remplir la branche longue. Le liquide continue alors à s'écouler, en vertu de la pression atmosphérique.

On se sert de plusieurs espèces de siphons de verre dans les laboratoires, soit pour extraire les liquides des flacons sans les remuer, soit pour ne point troubler les dépôts qui s'y forment.

Le siphon de verre double, figure 182, porte un suçoir, comme le siphon d'étain, dont il est une imitation en petit. Pour éviter le danger qui résulterait de l'aspiration d'un liquide corrosif et de son introduction dans la bouche de l'opérateur, on souffle quel-

quefois une boule vers le sommet du suçoir, afin que l'opérateur s'aperçoive plus facilement de l'arrivée du liquide à la partie supérieure de cette branche.

On emploie de différentes manières le siphon simple, figure 183. Si le liquide à décanter n'est point corrosif, et s'il est contenu dans un flacon à large orifice, on renverse le siphon, et on le remplit de liquide; puis en fermant les deux extrémités avec les doigts, on plonge la branche courte dans le liquide : on ôte les doigts, et le liquide commence à s'écouler immédiatement. Si le liquide est corrosif, et qu'il soit contenu dans un vase à col étroit, on introduit le siphon par une ouverture faite au bouchon; puis, à travers une autre ouverture, on fait passer un petit tube de verre, par lequel on souffle avec la bouche, ou avec un soufflet, dont on met la douille en communication avec le petit tube de verre, au moyen d'une vessie ou d'une bouteille de gomme élastique. La pression, ainsi exercée sur le liquide, le fait monter dans la petite branche du siphon ; il dépasse bientôt le coude et s'échappe. Cette méthode est employée pour décanter l'acide sulfurique et les autres acides contenus dans les dames-jeannes des manufacturiers.

SIPHON DE BUNTEN.

La figure 184 est le siphon de M. Bunten : *a b* est la longue branche qui porte une boule *a*, et *c d* la branche courte. Ce siphon n'exige, ni succion, ni insufflation. Il suffit de remplir la longue branche et la boule *a* du liquide, de boucher l'orifice de cette branche, et de plonger l'autre *c d* dans le liquide qu'on veut décanter. En ôtant le bouchon, la boule *a* se vide et attire, pour ainsi dire, le liquide de la

branche courte; et, bien qu'il soit en partie vide, l'écoulement commence immédiatement.

SIPHON DE HEMPEL.

On voit, figure 185, une autre espèce de siphon inventé par M. Hempel, chimiste praticien de Berlin, et qui présente tous les avantages du siphon de Bunten. Il se compose, pour bien dire, de deux siphons, dont l'un est renversé, et qui s'adaptent l'un à l'autre par leur plus courte branche. On verse dans l'entonnoir *a* une partie du liquide qu'on veut décanter, ce liquide n'y tarde point à remplir le siphon renversé *b c*, qui est joint à la courte branche du vrai siphon *d e*. Aussitôt que l'écoulement commence à travers *d e*, on enlève le siphon renversé, et cet écoulement continue. Pour enlever les dernières portions d'un liquide, il est très-commode de se servir d'une petite seringue de verre.

PIPETTE DES MARCHANDS DE VIN.

Les marchands de vin emploient une espèce de tube qui leur donne la partie inférieure des liquides qu'il est nécessaire d'examiner.

La figure 186 représente ce tube, qui est d'étain ou de fer-blanc. La partie supérieure en est assez étroite pour qu'on puisse en boucher l'orifice avec le doigt, et l'orifice inférieur est encore plus étroit que l'autre. Voici l'usage de cet instrument : on place d'abord le doigt sur l'orifice supérieur, et l'on plonge l'instrument par la partie inférieure dans le liquide, qui ne peut y entrer à cause de la résistance de l'air qu'il contient; lorsque l'extrémité inférieure est arrivée à une profondeur convenable, on ôte le doigt pour un instant, et on le replace aussitôt comme il était d'a-

bord; l'on enlève ainsi le tube et on le transporte au-dessus du vaisseau destiné à recevoir le liquide contenu dans le tube, liquide qui tombe dans le vase aussitôt qu'en débouchant l'orifice supérieur on donne passage à l'air.

DES SÉPARATEURS.

On se sert de plusieurs espèces de vaisseaux pour séparer les liquides de poids spécifiques différens.

L'entonnoir séparateur ordinaire, figure 187, ne diffère de la pipette des marchands de vin, qu'en ce qu'il est plus renflé vers le milieu, afin de pouvoir contenir une plus grande quantité de liquide. L'ouverture inférieure, qui est fort petite, étant bouchée avec le doigt, ou de toute autre manière, on verse les deux liquides dans le séparateur, et fermant l'ouverture supérieure avec un bouchon, on laisse reposer pendant quelque temps; lorsqu'on enlève ensuite le bouchon supérieur, le liquide le plus dense s'écoule, et aussitôt qu'il a cessé de couler, on ferme vivement et de nouveau l'orifice supérieur, pour retenir dans l'entonnoir le liquide le moins dense.

Quelques entonnoirs de ce genre sont munis de robinets de verre, mais ils se dégradent facilement, et l'avantage que leur donnent ces robinets sur l'instrument que nous venons de décrire, ne compense nullement la dépense qu'ils occasionnent.

Le récipient à bec, figure 188, est un grand vaisseau portant un bec sur le côté, qui se projette en avant d'un tiers de la hauteur du vase, et dont le coude supérieur est élevé des deux tiers environ de cette hauteur. On conçoit facilement comment en y versant deux liquides de densités différentes, et les laissant reposer, on pourra les reverser dans des vases différens.

On se sert souvent de ce vase, au lieu du récipient florentin de la figure 7, pour la distillation des huiles essentielles. Car, de même que celui-ci, il permet à l'eau de s'écouler dans un autre vase, et conserve l'huile dans l'un et l'autre cas, c'est-à-dire qu'elle soit plus ou moins dense que l'eau.

On emploie un récipient de ce genre, non-seulement pour séparer les liquides de poids spécifiques différens, mais encore pour assortir, suivant leur degré de finesse, les poudres de substances qui ne sont point solubles dans l'eau ou dans le liquide qu'on choisit. On jette la poudre et la liqueur dans le récipient, et l'on remue le tout, puis on laisse reposer. Les parties les plus grossières se déposent au fond du vase, et les parties les plus ténues restant en suspension dans le liquide, on le décante avec celles-ci dans un autre vase. Quelquefois on dirige un courant d'eau dans le récipient pendant qu'on remue les poudres, les parties les plus fines se trouvent alors emportées, et on les reçoit dans un autre vase où elles se déposent et dans lequel on les lave.

Une autre espèce de séparateur est la petite bouteille figure 189, qui porte un bec de chaque côté par lesquels on peut évacuer les liquides lorsqu'ils se sont séparés en deux couches; mais cet appareil ne présente aucun avantage qui doive le faire préférer à ceux que nous avons décrits jusqu'ici.

APPAREILS POUR LES GAZ.

Nous avons déja eu l'occasion de faire remarquer que les produits aériformes qui résultent du mélange de diverses substances ou de l'action du calorique à

laquelle on les soumet, exigeaient des appareils particuliers, et qu'ordinairement on les recueillait dans des bouteilles ou des cloches placées dans une cuve à eau ou à mercure.

Ces cloches sont ordinairement hautes et étroites; mais il est souvent fort avantageux d'en avoir quelques-unes plates et fort larges, semblables, par exemple, à celle dont se servent les pâtissiers ou confiseurs pour recouvrir leurs produits. Leur largeur donne aux gaz plus de facilité pour opérer leur combinaison, et leur peu de hauteur est fort commode lorsqu'on se sert d'un siphon pour faire passer les gaz dans un autre vaisseau, dans une vessie ou dans une mesure.

On se sert fort souvent de vessies pour renfermer ces gaz : pour cela on en amollit le col dans l'eau, puis on y introduit un robinet qui s'y visse dans un petit cylindre de cuivre mince, resserré à son extrémité par une virole d'une certaine épaisseur, taraudée à l'intérieur, et qui s'ajuste parfaitement contre le collet du robinet. On emploie aussi des sacs ou ballons de taffetas ou de gaz, recouverts d'un vernis de gomme élastique. Ces appareils sont dans bien des cas beaucoup plus commodes que ceux d'une capacité constante.

BOUTEILLES A GAZ DE LEESON.

Les bouteilles de caoutchouc de M. Leeson, décrites dans le *Quarterly Journal*, sont à leur élasticité près semblables aux ballons que nous avons décrits. On devra préférer les bouteilles de gomme élastique noirâtre : car elles supportent beaucoup mieux l'extension et peuvent être beaucoup plus fines que celles de gomme brune.

Voici comment on prépare ces bouteilles. On en

choisit une d'épaisseur uniforme; après l'avoir fait bouillir pendant un quart d'heure dans l'eau, on la laisse refroidir, et l'on y introduit le bout d'une pompe à compression, qu'on fixe solidement à l'orifice de la bouteille qui sert à y introduire l'air par degrés; la bouteille se gonfle ainsi peu à peu, et bientôt s'agrandit au point qu'une bouteille d'une demi-livre à trois quarts de livre acquiert une capacité de quatorze à dix-sept pouces, et quelquefois davantage, pourvu qu'elle soit, comme nous l'avons dit, d'une épaisseur uniforme et sans défauts.

Après les avoir ainsi gonflées graduellement et avec précaution, on y adapte un robinet et on les remplit de gaz après un temps quelconque; alors elles acquièrent de nouveau et sans danger la capacité qu'on leur avait donnée, et leur propre élasticité en chasse le gaz lorsqu'on ouvre le robinet, de sorte qu'elles reprennent, à peu de chose près, leur dimension primitive. Ces bouteilles peuvent encore servir de chalumeau à gaz, il suffit de visser au robinet un petit bec; la perte de la bouteille est tout ce qui peut résulter d'une explosion.

GAZOMÈTRE DE WATT.

Lorsque la quantité de gaz qu'on a préparée est considérable, il est nécessaire d'employer, pour les contenir, des appareils d'une capacité plus grande que ceux que nous avons pu décrire jusqu'ici. Le plus souvent ces appareils sont en fer-blanc verni, ou partie en fer-blanc, partie en verre : on les connaît sous le nom de gazomètres.

La figure 190 représente le gazomètre de Watt : il est en fer-blanc, et verni à l'intérieur comme à l'extérieur. On peut lui donner une capacité quelconque;

celui que nous décrivons contenait deux mille pouces cubes. C'est un vaisseau cylindrique fermé de tous côtés, et qui doit avoir assez de force pour résister à la pression atmosphérique qui tend à chasser le gaz ou à introduire l'air selon les changemens de densité. Cet appareil a trois orifices *a b c :* le premier *a* au sommet, le second *b* sur le côté et à la plus grande hauteur possible, et le troisième *c* au fond de l'appareil; *a* et *b* ont chacun un robinet : celui *a* est soudé au tuyau *d*, qui se rend au fond même du vase, auquel il est aussi soudé, afin d'augmenter la force de l'appareil. Ce tuyau *d* est percé à sa partie inférieure d'un grand nombre de trous. A l'extrémité du robinet *b* est un bout de tuyau courbé *e*, qui entre à frottement dans la partie *b*, de manière à y tourner assez facilement sans cependant laisser passer l'air. Le long tuyau *f* s'engage exactement de la même manière dans *e*. Ces deux tubes, quant à leur mouvement, forment un joint brisé universel et permettent ainsi à l'opérateur de diriger le bout de *f* dans tous les sens. *c* est un tuyau d'un demi-pouce de diamètre, qu'on introduit vers le fond de l'appareil, et qui fait avec lui un angle de 45 degrés environ; *g* est un tube de verre gradué placé sur le côté du gazomètre, et fixé au fond et au sommet de manière à communiquer avec lui et à indiquer la quantité de gaz qu'il contient; *h* est un grand entonnoir de verre en forme de cône renversé, et qui s'ajuste à la partie supérieure *a*.

Voici l'usage de ce gazomètre. On commence par le remplir d'eau : pour cela on ferme le tuyau *c*, l'on ouvre les robinets *a* et *b*, et l'on verse de l'eau dans l'entonnoir; cette eau descend dans le tuyau *d*, passe dans le vase à travers les trous dont il est percé, et remplit peu à peu le vase, chassant à mesure l'air qu'il

contient par le tuyau *b*. Lorsque le gazomètre est parfaitement plein on ferme les robinets *a* et *b*, on enlève l'entonnoir *h*, et l'on débouche *c*. Comme le cylindre est tout-à-fait imperméable, l'eau ne peut s'en échapper, on n'a même point à craindre qu'elle s'écoule par *c*, parce que l'angle de ce tuyau avec le cylindre ne permet point à l'air de s'y introduire. On introduit donc dans ce tuyau celui de l'appareil qui fournit le gaz, et c'est alors que celui-ci s'élevant dans le gazomètre en chasse l'eau par l'ouverture *c*. Lorsque l'on a fait passer dans le gazomètre la quantité de gaz convenable, on referme *c*, et si l'appareil est bon, l'oxigène, l'hydrogène, le gaz de la houille ou de l'huile doivent s'y conserver plusieurs mois de suite sans s'altérer sensiblement.

Veut-on faire passer une certaine quantité de gaz du gazomètre dans un autre vaisseau, on introduira dans la bouche de ce dernier le bout du tuyau *f*; puis on replacera l'entonnoir *h*, qu'on remplira d'eau. Tournant alors les robinets *a* et *b*, l'eau descendra dans le cylindre à travers le tube *d*, et chassera le gaz par *f*. On voit que par ce moyen il est facile de vider le gazomètre d'une quantité de gaz quelconque, et même de tout ce qu'il contient.

Si, au moyen d'un tuyau de deux ou trois pieds de longueur, on élève l'entonnoir *h* au-dessus du robinet *a*, et qu'on remplisse l'entonnoir à mesure qu'il se vide, on obtiendra une pression capable de chasser le gaz à travers le tuyau *f* avec une vitesse considérable.

GAZOMÈTRE D'ACCUM.

La figure 191 représente ce gazomètre qui, comme le dernier, est en tôle bien vernie à l'intérieur et à l'extérieur : *a* est un vase cylindrique extérieur avec un

rebord au sommet. Deux tuyaux à robinet *d e* sont solidement soudés aux côtés du seau; le tuyau *d* pénètre dans le cylindre et vient au centre se joindre à celui *e*, qui entre d'abord par le haut, et se recourbe ensuite pour arriver aussi au centre, ainsi qu'on le voit figure 191 *bis;* du point de jonction s'élève le tuyau vertical *g*, jusqu'à une hauteur un peu supérieure à celle des bords du cylindre; *b* est un autre cylindre ouvert seulement à son fond, il est d'un diamètre un peu plus petit que le premier, de manière qu'en le renversant dans celui-ci, il s'y meut à frottement avec liberté. Ce cylindre porte une tige solide *c*, qui passe à travers un trou pratiqué dans la barre de bois horizontale qui pose sur les deux supports maintenus contre les bords du seau. Cette tige sert à conserver la verticalité du cylindre supérieur lorsqu'il se meut de haut en bas ou réciproquement; et comme d'ailleurs elle est divisée en parties égales, elle indique les quantités de gaz qui sont contenues dans l'appareil. Au moyen d'une corde, d'une poulie et d'un plateau, on équilibre ce cylindre intérieur. Outre les ouvertures dont nous avons parlé, le cylindre extérieur en a encore une troisième à son fond *f* fermée par un bouchon, et qui sert à évacuer l'eau. Tout l'appareil repose sur un tabouret de bois bien solide.

Voici comment on emploie ce gazomètre. On laisse d'abord descendre le cylindre intérieur jusqu'au fond du cylindre extérieur, et l'on verse l'eau dans la poche ou entonnoir qu'on voit sur le côté jusqu'à ce qu'il soit plein; alors on ferme le robinet *e*, et l'on ouvre celui *d*, qu'on met en communication avec le tube de l'appareil qui fournit le gaz; ou si on le trouve plus commode, c'est *d* qu'on ferme et *e* qui est mis en communication avec le tube. Le gaz s'élève alors par

le tube vertical *g*, jusqu'au haut du cylindre *b*, qu'il soulève graduellement. Il faut avoir le soin de charger le bassin de poids suffisans pour que le cylindre se meuve avec une entière liberté. Lorsqu'on a introduit dans l'appareil toute la quantité de gaz convenable, on ferme le robinet *d* ou celui *e*, et on le retire de ce réservoir à mesure des besoins.

Indiquons maintenant comment on s'y prend pour évacuer le gaz : on met l'un des robinets en communication avec le tube recourbé, dont l'autre extrémité se rend dans le vaisseau qui doit recevoir le gaz; on enlève quelques-uns des poids du plateau, et l'on tourne le robinet. Le seul poids du cylindre *b*, pressant sur le gaz, le fera sortir en quantité suffisante pour remplir le vase.

On sait que tout corps solide, plongé dans un liquide, y perd une partie de son poids, précisément égale à celui du volume de liquide qu'il déplace ; on concevra donc facilement que, le poids du cylindre augmentant continuellement à mesure qu'il sort de l'eau dans laquelle il était plongé, il est nécessaire, pour que la pression soit égale dans tous les instans, d'augmenter graduellement le contre-poids placé dans le plateau; si on négligeait cette précaution, le gaz déja introduit se trouverait de plus en plus comprimé, et il deviendrait impossible d'en introduire davantage. Nous montrerons, en décrivant le gazomètre à mercure de Clayfield, comment on peut compenser cette augmentation de poids au moyen d'une corde qui s'enroule sur une poulie conique.

Ces gazomètres peuvent au besoin faire le service des chalumeaux; et, en y adaptant un tube de gomme élastique, tel que nous le décrirons, on les employerait encore pour respirer l'oxigène, ou tout autre gaz,

dont le médecin croirait devoir recommander l'inspiration.

GAZOMÈTRES A MERCURE.

Le gazomètre à mercure n'est guère employé que pour la chimie expérimentale; et, même à cause de la grande dépense qu'entraîne cet appareil, on a cherché tous les moyens de s'en passer.

Les théoriciens emploient l'un des trois gazomètres connus sous le nom de gazomètre de Clayfield, de Pepys et de Newman : nous préférerons celui du premier, parce qu'il est plus simple que celui de Pepys, mais seulement pour cette raison. Quant à l'appareil de Newman, ce n'est point seulement un gazomètre, mais aussi une cuve à mercure, servant ainsi à deux usages, ce qui le rend fort économique.

GAZOMÈTRE DE CLAYFIELD.

Ce fut en examinant le gazomètre de Watt que Clayfield conçut le sien : il rechercha, de concert avec M. Cox, les divers moyens de contrebalancer la pression d'une colonne décroissante de mercure, et préféra celui que nous allons décrire, à cause de sa simplicité.

La figure 192 est une vue et une section de cette machine, qui se compose d'un fort cylindre de verre *b*, lié par du ciment à un autre cylindre de la même substance *b*, fixé sur un bloc solide *c*, et dans lequel entre le tube *d*, qui sert à introduire le gaz dans le récipient mobile *a*.

L'axe de cuivre repose sur deux points en *f*; il porte, à une de ses extrémités, une roue *g*, d'une circonférence égale à la profondeur du récipient, de sorte qu'en une seule révolution il peut être élevé à la surface du mercure, par la corde *h*; à l'autre extrémité est ajustée

la roue *i*, sur laquelle s'enroule la corde *k* du contre-poids, en sens inverse de la première, et dans une gorge tracée en spirale à la surface de la roue. On voit cette roue de face au côté gauche supérieur de la planche *l*.

On charge le récipient *a* d'un poids *m*, un peu plus fort que celui nécessaire pour faire descendre le récipient dans le mercure; il est contrebalancé par un petit poids *n*, suspendu à la corde *k*, à un point de la spirale où le rayon de la roue *i* est égal à celui de la roue *g*; à partir de ce point, le rayon de la roue *i* augmente de telle sorte que le poids *n* équilibre le récipient dans toutes les positions successives qu'il peut prendre. De cette manière, le frottement est si faible qu'en plongeant l'orifice inférieur du tube *d*, au-dessous du niveau du mercure contenu dans la capsule *o*, toute résistance est vaincue, et le gaz entre par le bec de la cornue dans le récipient, où, quelqu'en soit la quantité, elle se trouve soumise à une pression précisément égale à celle de l'atmosphère. Le bord de la roue *i* étant gradué, on peut faire en sorte que la corde *k* indique constamment le volume de gaz contenu dans l'appareil.

Si l'on veut réduire la pression à la pression moyenne barométrique, on y parvient facilement en graduant l'extrémité inférieure du tube *d*, et en ajoutant du poids en *m* ou en *n*, selon le besoin. Le niveau du mercure dans le tube indique l'accroissement ou la diminution.

La concavité *p*, au sommet du cylindre intérieur, est destinée à recevoir les liquides qu'on juge à propos de soumettre à l'action du gaz.

L'orifice supérieur *q*, qu'on ferme par un bouchon, sert à introduire, dans le récipient, le gaz fourni par

la retorte *r*, dont le col est recourbé, sans le faire passer par le tube *d*. Dans le cas où il y a lieu de croire qu'il y aura un dégagement très-rapide de gaz, il faut luter bien solidement la retorte *r* à l'orifice, et enlever le poids *m;* en diminuant ainsi la pression, on permet au gaz de se répandre plus librement à l'intérieur au moment où il se forme, et l'on court moins de risque de faire éclater l'appareil. Il faut prendre les mêmes précautions pour faire détonner les gaz par l'étincelle électrique.

Au moyen du tube *s*, on fait passer immédiatement les gaz à travers l'eau ou le mercure. Afin de prévenir l'absorption du mercure, dans le cas où une condensation subite aurait lieu dans la cornue, sir H. Davy emploie un robinet *t*, solidement luté au tube *d*. Ce robinet est aussi fort commode pour saturer l'eau de gaz acides ou alkalins; ce à quoi l'on parvient en lutant une des extrémités du tube *u* au robinet; l'autre plongeant dans le petit vase *w*, hermétiquement fermé, à sa partie supérieure, au moyen d'un bouchon bien cimenté, qui traverse aussi l'entonnoir courbé *y*. Il est clair qu'alors on enlève le tube *s*, et qu'on plonge l'orifice du tube *d* à une grande profondeur au-dessous du niveau de mercure, à moins qu'on ne préfère le fermer d'un bon bouchon. Une colonne de mercure de quelques lignes de hauteur suffit pour fermer très-hermétiquement l'entonnoir courbé *y*.

Le robinet ajouté en *z* à l'ouverture *q*, par sir H. Davy, lui a permis de faire, avec une très-grande précision, des expériences curieuses sur la respiration.

GAZOMÈTRE DE NEWMAN.

L'appareil de Newman, pour recueillir les gaz sur le mercure, et les faire servir aux expériences, est fort

estimé, et à juste titre, par les meilleurs chimistes : la figure 193 représente cet appareil, qui se compose d'une cuve de fonte *a*, supportée par quatre pieds de fer, et à un côté de laquelle est placé un petit gazomètre *b*. Cette cuve, avec ses pieds, repose dans une autre cuve *c*, en fer vernissé, pour empêcher le mercure de se perdre.

On voit dans la figure la disposition du support mobile, qui porte la lampe, une petite cornue, et la cloche qui reçoit le gaz qui s'en échappe.

Cet appareil exige de soixante à soixante-dix livres de mercure pour être plein, et la cuve porte en son milieu une cavité *e*, assez grande pour remplir une cloche de dix pouces de longueur et deux et demi de largeur, d'une capacité de quarante-cinq pouces cubes environ. De chaque côté de la cuve est une petite tablette de deux pouces de largeur, sur laquelle on place les vaisseaux qui contiennent les gaz. Précisément en face de trois crans, qu'on voit à chaque côté de la cuve, on pratique trois trous dans une des tablettes, à travers lesquels on fait passer le col des cornues, ou des autres appareils qui fournissent le gaz; on peut aussi, et pour le même usage, disposer, en travers du milieu de la cuve, une tablette à coulisse percée de trous comme la première.

Le gazomètre *b* est placé d'un côté de la cuve, mais au-dessous de son niveau; il a une capacité de cinquante pouces cubes environ. Un tuyau *f*, en communication avec la partie inférieure du gazomètre, remonte par un des coins de la cuve à travers le mercure, au-dessus duquel il s'élève d'un pouce environ, pour se recourber ensuite et amener son extrémité au-dessous du niveau du métal.

Si le gazomètre contient du gaz, on peut le faire

passer sous une des cloches de la cuve, en remplissant cette cloche de mercure, et l'amenant au-dessus de l'extrémité du tuyau courbé; pressant alors sur le gazomètre, le gaz passera sous la cloche. Le coude supérieur de ce tuyau est destiné à empêcher le mercure de descendre dans la partie inférieure du gazomètre, tout en laissant le passage libre au gaz. Il y a aussi un robinet en *g*, qui coupe la communication entre la cuve et le récipient en forme de cloche *h*, vissé et luté à ce robinet, et qui plonge dans un vaisseau rempli de mercure.

On peut encore fixer au robinet *k*, placé au sommet du gazomètre, soit un ballon de verre, soit une vessie, soit une bouteille de gomme élastique de la contenance d'environ trente pouces cubes l'un ou l'autre.

L'une des plus grandes objections qu'on puisse avoir à employer le mercure pour les expériences sur les gaz, lorsque l'absorption du gaz par l'eau n'est point à craindre, est la grande force que nécessite son usage pour surmonter la pression de la colonne de mercure située au-dessus de l'orifice du tuyau à gaz, force qui est près de quatorze fois aussi grande que celle d'une même profondeur d'eau, de sorte que très-peu de luts sont capables d'y résister. Pour vaincre cette résistance, on fait en sorte que le tuyau chargé de porter le gaz dans le récipient *h*, ou dans tout autre vase, monte jusqu'à sa partie supérieure; ce qui diminue considérablement la pression qu'il a à vaincre pour s'y introduire.

Cet appareil permet encore au chimiste d'opérer un vide partiel, dans le vaisseau distillatoire, correspondant à une diminution de pression de deux pouces de mercure, ou vingt-huit pouces d'eau. En effet, si l'on soulève le gazomètre, pendant que le robinet *g* est

ouvert, une partie de l'air contenu dans la cornue passera dans le récipient *h*, et montera de là vers la partie supérieure *b;* fermant alors le robinet *g*, et pressant sur le gazomètre, cet air se trouvera expulsé. En répétant cette manœuvre, on pourra extraire une nouvelle quantité d'air de la cornue, jusqu'à ce qu'enfin il n'en reste plus assez à l'intérieur du gazomètre pour balancer la pression extérieure, qui, s'exerçant sur le vase plein de mercure, situé au-dessous de *h*, élevera d'abord le mercure dans la cloche, jusqu'à ce que le niveau s'abaisse au-dessous de ses bords, et que, les laissant à sec, l'air extérieur s'introduise dans l'appareil. Ce vide partiel, ou cette diminution de pression, permet souvent d'obtenir de certaines substances plus de gaz qu'on n'en obtiendrait par la méthode ordinaire.

TRANSVASEMENT DES GAZ.

L'appareil qu'on emploie ordinairement, pour faire passer un gaz d'un flacon dans une vessie, est une cloche munie d'un robinet à sa partie supérieure, auquel on adapte bien solidement la vessie, préalablement vidée de l'air qu'elle contenait, en la pressant avec la main. On tourne les robinets pour ouvrir un passage au gaz, et plongeant le flacon tout entier dans la cuve, la pression du liquide force le gaz de s'élever dans la vessie, dont on ferme alors le robinet, et qu'on enlève ensuite.

Mais les praticiens regardent ces flacons et ces vessies, munis de robinets, comme plus brillans qu'utiles, et ils persistent dans la méthode donnée par Cavendish, et qui consiste à adapter la plus longue branche d'un siphon étroit de verre au col de la vessie, dont on chasse l'air en la pressant; l'autre branche du siphon

entrant sous les bords du flacon, ou de la cloche qui contient le gaz qu'on plonge doucement dans l'eau; le gaz passe alors à travers le siphon dans la vessie. Il faut faire en sorte que la courte branche du siphon atteigne la partie supérieure de la cloche, et l'autre branche doit avoir assez de longueur pour que la vessie se trouve encore située hors de l'eau, lorsque la cloche y est plongée entièrement; des cloches larges et basses sont donc ce qu'il y a de plus commode pour ce transvasement.

On peut aussi se servir de siphon de verre pour transférer les gaz d'une cloche dans une autre, en donnant toutefois une longueur convenable aux branches; c'est-à-dire en faisant en sorte que la courte branche atteigne la partie supérieure de la cloche qui contient le gaz, l'autre branche ayant assez de longueur pour s'élever au-dessus du niveau de l'eau, quand la première cloche est en entier plongée dans le liquide.

Pour se débarrasser de l'air, qui se trouve dans le siphon, on le remplit d'eau en le couchant sur le côté, et alors on en élève les branches au-dessus des deux cloches.

La figure 194 indique ce mode de transvasement des gaz, d'une cloche dans une vessie, au moyen d'un siphon.

ENTONNOIR A GAZ DE CAVALLO.

Cet appareil sert à retirer, d'un flacon de gaz, une quantité égale à une certaine mesure d'eau, et à la transporter dans un autre vaisseau, ou s'en servir d'une manière quelconque, lorsqu'il n'est point nécessaire d'avoir une vitesse uniforme.

La figure 195 montre l'entonnoir à gaz de Cavallo.

Ce vaisseau *a* est un flacon de verre, une bouteille;

b est l'entonnoir qui porte à l'extrémité de sa douille un tube de verre recourbé *c*, qui y est cimenté; *d* est un tuyau, muni d'un bouchon, qu'on soude le plus ordinairement à l'entonnoir, et qui traverse avec celui-ci le bouchon de *a*; le tube *d* est de fer-blanc ou de toute autre substance; l'extrémité, qui n'entre point dans le flacon, porte une pièce destinée à recevoir le col d'une vessie ou d'un sac de taffetas.

On introduit le gaz dans le vaisseau *a*, en enlevant le bouchon avec l'entonnoir qui le traverse, le remplissant d'eau, et renversant ensuite son orifice sous ce liquide; on met ensuite cet orifice en communication avec le tube de l'appareil qui produit le gaz, celui-ci s'introduit dans le flacon, en déplaçant l'eau qu'il contient; on replace alors le bouchon avec son entonnoir. Veut-on maintenant faire passer une quantité donnée de ce gaz dans une vessie ou dans une bouteille, on verse dans l'entonnoir *b* un volume d'eau égal à celui du gaz qu'on désire, et le robinet du tuyau *d* étant ouvert, le gaz se trouve chassé à travers ce tuyau.

La partie courbe du tube de verre cimentée à la douille de l'entonnoir, contenant toujours de l'eau, empêche le gaz de sortir du flacon; mais lorsque l'appareil doit être placé la bouche en haut, il est nécessaire de fermer la gorge de l'entonnoir avec un bouchon.

ENTONNOIR A GAZ DE READ.

Cet appareil, qui est aussi employé à transvaser les gaz contenus dans des flacons à col étroit, a beaucoup d'analogie avec celui de Cavallo.

La figure 196 représente cet entonnoir avec sa douille fermée en *b*, et perforée en-dessus et en-des-

sous de deux ou trois petits trous. Autour du tuyau *a*, est soudé le tuyau court *d*, fermé à son fond, mais ouvert par en haut; le tuyau *g* est lui-même assez large pour entourer le tube *d*; il est soudé à l'entonnoir *i*, et traverse un bouchon *k*.

Lorsque ce bouchon *k* est placé sur la bouteille ou le flacon à gaz, et qu'on verse de l'eau dans l'entonnoir, cette eau descend à travers la douille *a* jusqu'en *b* seulement; là elle traverse les petits trous *o o*, et monte dans le tube formé entre *a* et *d*, s'élève au-dessus des bords de *d*, et redescend entre *d* et *g*, jusqu'à ce qu'elle parvienne en *e*, où elle rentre dans la douille *a* par une petite ouverture placée au-dessus de *e*, d'où elle passe dans le flacon. A mesure que l'eau y entre, le gaz s'échappe entre *a* et *g*, à travers le robinet *h*, auquel est adapté un tuyau qui transporte le gaz là où on désire le faire passer.

Pour ajuster le bouchon avec son entonnoir au flacon, sans admettre l'air, on plonge l'entonnoir dans le réservoir de la cuve, et là on l'introduit dans le goulot de la bouteille; on retourne le tout sous l'eau, et on l'enlève ensuite.

MÉTHODE ET OBTURATEURS D'AUSTIN POUR LE TRANSVASEMENT DES GAZ.

L'appareil d'Austin épargne au chimiste l'ennui de se tremper continuellement les mains dans l'eau ou dans le mercure, ennui inévitable par la méthode ordinaire; il lui épargne aussi la dépense qu'entraîne toujours les robinets de verre.

Cet appareil, d'une simplicité remarquable, se compose de trois lames de verre, dépolies à l'émeri : la première lame doit avoir un peu plus de largeur que les cloches dont on se servira, et une longueur égale

à deux fois leur diamètre. Elle est percée en son milieu d'un trou d'une dimension convenable. La seconde lame n'est point tout-à-fait aussi large que la première; elle a un peu plus de la moitié de sa longueur, et elle est aussi percée d'un trou, mais à l'une de ses extrémités. La troisième lame est en tout semblable à la seconde : on doit même couper ces deux lames dans le même morceau de glace, pour qu'elles soient l'une et l'autre d'une même épaisseur. Les deuxième ou troisième lames, mises bout à bout, auront donc plus de longueur que la première. Les cloches qu'on emploie doivent avoir leurs bords bien plans.

Voici comment on s'y prend pour transvaser le gaz contenu dans une cloche, placée sur la tablette de la cuve à eau; on applique la première lame contre l'ouverture de la cloche, puis la seconde, mais de manière à ce que les trous ne coïncident point; pressant alors ces lames contre l'ouverture de la cloche avec les mains, on retire le tout, et l'on retourne la cloche l'ouverture en haut. Alors on remplit d'eau le flacon dans lequel on veut transvaser le gaz, et le fermant avec le troisième obturateur ou la troisième lame, on le renverse, l'ouverture en bas, sur le premier obturateur, de manière à ce que le bord du troisième vienne se mettre en contact parfait avec celui du second. On remplit d'eau le trou pratiqué dans la seconde lame, et l'on fait glisser la seconde et la troisième lame sur la première, de manière à ce que les trous coïncident; l'eau tombe alors dans la cloche, et le gaz monte dans le flacon. Lorsqu'il en a reçu une quantité suffisante, on fait glisser les seconde et troisième lames pour que les trous ne coïncident plus.

L'opérateur doit avoir la plus grande attention à ce que la première lame ne s'élève point au-dessus de

l'orifice de la cloche, et s'il n'est point un adroit manipulateur, il devra luter cette lame à l'ouverture de la cloche, avant d'y recueillir le gaz.

On peut employer le même appareil, mais sur une échelle plus petite, avec des cloches pleines de mercure; car les joints des lames retiendront le mercure, pourvu que la hauteur de son niveau ne dépasse pas trois ou quatre pouces, les petites cloches renversées sur des obturateurs de verre retiennent très-bien ce métal.

Cet appareil peut être réduit au point de permettre à l'opérateur de faire toutes ses expériences sur les gaz au moyen de quatre ou cinq livres de mercure; on fixe à l'ouverture de la cloche un petit cadre dans lequel les lames peuvent glisser, on le remplit de mercure, et on le renverse dans une très-petite cuve, qui ne contiendra que ce qu'il faut de mercure pour le recouvrir; on perce un petit trou dans le fond pour recevoir le col de la cornue, et sur le côté de la cuve on pratique une petite gouttière, qui laissera couler dans une tasse le mercure qui descendra de la cloche.

CLOCHES A TRANSVASEMENT.

Ces cloches sont une modification de l'appareil d'Austin; elles sont cylindriques, comme à l'ordinaire; mais leur ouverture est fermée par un obturateur de verre dépoli en dehors, percé d'un trou sur le côté, et qui y est cimenté. L'on a ensuite pour chacune d'elles un autre plan de verre circulaire, dépoli sur ses deux faces, un peu plus large que l'ouverture de la cloche, et percé d'un trou sur le côté aussi, qu'on peut faire coïncider avec l'autre lorsque cela devient nécessaire.

Une cloche de ce genre, ayant sa charge de gaz contenu dans son intérieur par la disposition qu'on donne à l'obturateur mobile, c'est-à-dire en faisant en sorte que l'ouverture de ce dernier ne coïncide point avec celle de l'obturateur fixe, on place au-dessus d'elle une autre cloche semblable, remplie de liquide, et l'on tourne les obturateurs de manière que les quatre ouvertures arrivant à la coïncidence, le gaz passe alors de la cloche inférieure dans la cloche supérieure.

Il n'est point nécessaire de plonger ces cloches dans la cuve, puisqu'on peut les remplir comme les bouteilles ordinaires. On remplit la première de gaz, en l'amenant dans la cuve, son ouverture étant fermée par l'obturateur mobile; l'on fait ensuite coïncider les trous, et tout se passe comme à l'ordinaire. Ces cloches ont l'avantage de n'exiger qu'une très-petite cuve, et de n'exposer les gaz qu'à une surface de liquide extrêmement limitée.

APPAREIL DE GIRARD.

Cet appareil est destiné à transvaser les gaz, d'un vaisseau dans un autre, avec une vitesse constante.

Le flacon *b*, figure 197, a quatre ouvertures, dont deux *o* et *r* sont munies de robinets; à celui *o* est ajusté un entonnoir, rempli d'eau.

Si l'on abandonnait cette eau à elle-même, il est clair qu'elle descendrait à travers le robinet, avec une vitesse toujours décroissante, à mesure que la hauteur de son niveau diminuerait : or c'est ce qu'on veut éviter. Pour cela on ferme la partie supérieure de l'entonnoir par un plan perforé de deux ouvertures *f* et *t* : la première fermée par un bouchon, et la deuxième, traversée par un tube ouvert, comme dans l'expérience

de Mariotte sur la pression de l'air; alors les robinets *o* et *r* étant ouverts, et *f* restant fermé, l'eau s'écoulera en *b* d'une manière constante, tant que son niveau se trouvera plus élevé que l'extrémité inférieure *h* du tube *t*.

Il est nécessaire d'adapter à l'ouverture *o* un tube *g*, recourbé de bas en haut, pour empêcher le gaz contenu dans *b* de s'élever à travers le robinet pendant l'écoulement de l'eau.

Pour faire passer le gaz de *b* dans un appareil semblable au premier, on tourne le robinet *r* de la troisième ouverture *w*, après l'avoir fait communiquer par un tube avec la quatrième ouverture *s'* du flacon *b'*, au fond duquel ce tube vient se rendre.

Le second appareil étant rempli d'eau, on peut faire passer le gaz de *b* en *b'*, sans aucune attention à sa vitesse, en ouvrant les robinets *s et w* du second appareil et fermant *o;* car alors le vaisseau *a* du premier appareil étant préalablement rempli d'eau, la plus légère pression de l'eau, tombant par *o* dans le premier appareil, fera passer le gaz à travers *r* et *s* dans *b'*, où on le retiendra en fermant *s'* et *w'*.

On pourrait le faire passer de la même manière dans un troisième appareil; mais il n'y a aucune nécessité à avoir plus de deux appareils : car en les unissant par des tubes convenablement courbés, on peut faire passer le gaz de l'un à l'autre, l'échauffer, le refroidir, le soumettre à l'action d'un fluide quelconque pendant son passage.

La vitesse étant toujours en raison de la différence de niveau de *h* et de *o*, on peut l'augmenter ou la diminuer à volonté.

APPAREIL DE LAROCHE ET BÉRARD.

Dans l'appareil de Girard les gaz se trouvent nécessairement exposés à l'action de l'eau : c'est pour éviter cette circonstance que MM. Laroche et Bérard l'ont modifié de la manière suivante. Voyez figure 198. *c* est un récipient sphérique, mis en communication avec le flacon *b* par un tube qui part du robinet *r*; ce récipient communique lui-même avec un second récipient semblable, par un tube recourbé, semblable au premier, et muni de deux robinets *v*, *v'*; aux deux extrémités de ce dernier tube, sont ajustées avec soin deux vessies bien souples, dont on a chassé l'air en totalité; enfin, le second ballon *c'* communique avec *b'* par un tube semblable aux autres, mais qui descend jusqu'au fond.

Le gaz étant introduit dans l'une des vessies, on l'adapte au robinet *v*, et on l'introduit dans *c*. Le vaisseau *b* étant plein d'air atmosphérique et *b'* rempli d'eau, on fait passer l'air de *b* dans le premier ballon *c*, où il exerce une pression sur la vessie qui contient le gaz; mais *v* et *v'* étant ouverts, ce gaz passe dans la seconde vessie, dont l'expansion force l'air du ballon *c'* de passer dans *b'*.

En faisant l'opération en sens inverse, on fera repasser le gaz dans la vessie d'où il est parti, et comme on peut la répéter autant de fois qu'on le désire, on conçoit qu'il sera facile d'exposer le gaz à l'action de certains agens pendant son passage entre *v* et *v'*.

Cet appareil, cependant, ne peut servir que pour des gaz saturés d'humidité.

TUYAUX FLEXIBLES POUR LES GAZ.

M. Skidmore a essayé des tuyaux de cuir de différentes manières, mais toujours sans succès.

Des boyaux de porc ou de bœuf dans leur état naturel sont assez commodes; mais leur usage est de peu de durée, ils ne tardent pas à se fendre. Après avoir été bien tannés, en les tenant quelque temps dans une infusion de sumac, ils devinrent très-poreux, bien qu'ils fussent imprégnés d'huiles, de suif, ou d'autres substances grasses.

On a enfin employé la gomme élastique. Pour cela, on contourne en hélice un fil de fer de la longueur voulue, en l'enroulant, aussi serré que possible, sur une tige cylindrique de fer; et on roule sur ce ressort de petits rubans qui forment une enveloppe.

On taille ensuite une bouteille de gomme élastique en longues bandes étroites, en coupant d'abord la bouteille en deux parties égales, et donnant ensuite à chacune de ces parties une forme à peu près circulaire. On roule ces bandelettes par-dessus l'enveloppe qui recouvre le fil métallique, en les tendant de manière à leur donner une longueur triple et même quadruple de celle qu'elles ont primitivement, et en ayant le soin de mettre les surfaces, fraîchement coupées, en contact les unes avec les autres. Si une seule bouteille ne suffit pas, il faut en prendre plusieurs, et, pour plus de sûreté, on fera bien de mettre une double enveloppe de gomme élastique.

Cela fait, on roule encore en hélice autour du tube un autre ruban de fil, qu'on assure par un serpentin de fil très-fort, aussi serré et pressé que possible. Alors on retire la tige de fer, et on courbe le tube en cercle, en ramenant les extrémités l'une contre l'autre, pour le placer dans une chaudière, où on le laisse bouillir une heure ou deux. Enfin on le retire de la chaudière, on déroule l'enveloppe extérieure de fil et de ruban, et l'on fait sortir de l'intérieur le fil de fer et son en-

veloppe de ruban. Il n'est pas inutile de dire que lorsqu'on fait bouillir ce tube une seconde fois, il se contracte très-sensiblement, circonstance importante à connaître, lorsqu'on désire joindre deux de ces tubes l'un à l'autre.

Quelques personnes ont avancé que ces tubes pouvaient se construire sur des tiges de verre ou de métal seuls; M. Skidmore n'est jamais parvenu par ce moyen qu'à former des tubes qui n'avaient pas plus de quatre pouces de longueur.

Ces tubes de gomme élastique travaillés au moyen d'une hélice en fil de fer, comme nous venons de le décrire, ne sont nullement élégans; mais ils sont fort légers et absolument imperméables au gaz.

JOINTS A MERCURE.

On éprouve souvent de grandes difficultés dans le transvasement des gaz, à cause du grand nombre d'ouvertures qu'il est nécessaire de fermer et de luter. Un des élèves de Lavoisier (probablement Séguin, car son nom n'est point indiqué), remédia à cet inconvénient en appliquant le principe de Glauber.

Le joint à mercure décrit dans les Élémens de Lavoisier, est fort complexe: il se compose d'une bouteille à double goulot; ces goulots sont très-profonds, et l'espace laissé entre eux est presque rempli de mercure; à cela il faut ajouter deux tubes de verre: l'un à travers lequel le gaz passe dans la bouteille, l'autre qui le porte dans la cuve ou dans un flacon quelconque, et un petit chapeau de verre qui passant entre les goulots ferme les bouteilles. Ce petit chapeau a deux coches que traversent les tubes. Le premier tube est courbé de telle sorte qu'après avoir passé entre le goulot extérieur et le petit chapeau, il

descend jusqu'au fond de la gouttière entre les deux goulots, s'élève ensuite entre le chapeau et le goulot intérieur, passe enfin par-dessus le bord de ce goulot et plonge jusqu'au fond de la bouteille. Le second tube est en tout semblable.

La figure 199 est un joint à mercure plus simple, semblable aux joints à eau qu'on emploie pour les tuyaux.

On a proposé l'emploi de cet appareil pour la préparation de l'acide hydrochlorique, de l'ammoniaque liquide, etc.; mais on peut le remplacer par un autre beaucoup plus simple.

JOINT OU ASSEMBLAGE A EAU.

Ce joint ou assemblage est bien connu des ouvriers. La partie supérieure du tuyau inférieur est entourée d'une enveloppe profonde fermée par en bas; on remplit d'eau l'espace laissé entre le tuyau et cette enveloppe, dans laquelle plonge l'extrémité inférieure du tuyau supérieur, de sorte que le joint est établi sans l'emploi du ciment, et que la communication peut être coupée ou rétablie à l'instant même du besoin.

M. Stone, de la compagnie pour l'éclairage au gaz, a fait une ingénieuse application de cette espèce d'assemblage, qui permet à la compagnie d'éclairer Wapping, en dépit des interruptions causées par les entrées des bassins de Londres (London docks). Un tuyau est ajusté au-dessous des ponts tournans de ces entrées, et bien que la communication soit interrompue au moment où les ponts s'ouvrent pour laisser entrer les navires dans les bassins ou les laisser sortir, et qu'il se fasse dans ce moment une perte de gaz, elle se rétablit immédiatement au moyen de ce joint d'eau dès que les ponts reviennent à leur position ordinaire.

CLOCHES GRADUÉES.

On se sert, pour mesurer les fluides aériformes, de cloches divisées en parties d'égale capacité, en pouces cubes, par exemple, sous-divisées en dixièmes de pouce cube. Ces capacités doivent être marquées en dehors de ces cloches ou gazomètres, au moyen d'un diamant, et la graduation doit commencer par le haut lorsque ces cloches sont renversées dans la cuve. Il est des cas où des cloches divisées en parties égales, mais arbitraires, peuvent être utiles.

Rien de plus facile que de graduer ces cloches; le chimiste qui a des expériences à faire, doit être muni de plusieurs cloches graduées de différente capacité. Il prendra donc une cloche de verre longue, étroite et forte, la remplira d'eau, et la placera sur la tablette de la cuve. L'opération doit se faire à la même place pour toutes les cloches, afin que le niveau de la tablette soit toujours le même. Cette attention est presque la seule nécessaire pour éviter les erreurs auxquelles le procédé serait sujet.

On prend ensuite une petite bouteille à col étroit de la contenance de cinq onces trois quarts neuf grains et demi d'eau distillée, ou de cinq onces *troy*, cinq *penny-weights*, quatre grains et demi d'eau distillée à 62° de Fahrenheit, équivalente à dix pouces cubes; un flacon de la contenance d'un gramme d'eau servirait à graduer la cloche en centimètres cubes. Si l'on n'avait point sous la main une bouteille de cette capacité, on pourrait en prendre une un peu plus grande, dont on diminuerait ensuite la contenance en y versant un peu de cire en fusion. Cette petite bouteille est le module ou l'unité qui servira à graduer la cloche. On fait passer sous la cloche le gaz contenu dans ce

petit flacon, et l'on marque bien juste la hauteur à laquelle l'eau est descendue; on introduit une nouvelle mesure de gaz, et l'on marque avec autant de soin le niveau du liquide, et ainsi de suite jusqu'à ce que tout le liquide ait été déplacé. Il est fort important que, pendant le cours de l'opération, le flacon et la cloche soient à la même température que l'eau de la cuve : l'opérateur devra donc s'abstenir, autant que possible, de les toucher avec les mains, et s'il a quelque motif de croire qu'elles ont été échauffées, il les refroidira avec l'eau de la cuve. La hauteur du baromètre et du thermomètre, pendant l'expérience, ne sont d'aucune importance. Lorsque les marques ont été indiquées sur la cloche pour chaque dizaine de pouces cubes, on trace une échelle sur le côté au moyen d'un diamant.

On peut graduer de la même manière les tubes de verre dont on se sert pour la cuve à mercure; seulement leurs divisions seront exprimées en pouces cubes. Le petit flacon qui servira pour ces derniers, sera exactement de la contenance d'un pouce cube, c'est-à-dire que rempli d'eau il devra peser, outre son poids propre, 252 grains .58 d'eau distillée; ou bien comme le mercure est sous la main, on peut, au moyen de son poids spécifique, calculer le poids du pouce cube, et s'en servir pour remplir le flacon qui sert à graduer.

Une autre méthode pour déterminer le volume des fluides aériformes, consiste à faire passer le volume inconnu du gaz dans un vaisseau cylindrique étroit, placé sur la tablette de la cuve pneumatique, et à marquer, en collant sur la cloche une petite bande de papier, la hauteur exacte du fluide. Cela fait, on retourne la cloche et on la remplit d'eau exacte-

ment jusqu'à la marque; on pèse l'eau, et l'on passe facilement de son poids à son volume, c'est-à-dire à celui du gaz. Cette méthode, comme celle par laquelle on gradue les cloches en y versant des portions nécessaires d'eau ou de mercure, exige une correction pour la différence de niveau entre le liquide de la cloche et celui de la cuve.

Lorsqu'on mesure les gaz au moyen de ces cloches graduées, deux corrections deviennent nécessaires: la première pour les variations de volume dus à un accroissement ou à une diminution de pression atmosphérique, variation indiquée par le baromètre, et la différence de niveau entre les surfaces de liquide qui les retient; l'autre pour la température à laquelle ils sont mesurés.

Il serait bien à désirer qu'on adoptât une pression et une température déterminées, au moins pour chaque pays; mais c'est ce qu'il n'est point permis d'espérer. On observera donc la hauteur barométrique, et si la cloche n'a pas été graduée par la première des méthodes que nous venons d'indiquer, on retranchera la différence des niveaux de la cuve à mercure de la hauteur barométrique; ou, prenant la différence des niveaux dans la cuve à eau, on déduira trois dixièmes de pouce de pression barométrique pour chaque quatre pouces de différence de niveau : dans le cas où l'on aurait gradué la cloche par la première méthode, la correction pour la pression ne serait point nécessaire. Le mesure de gaz observée est alors multipliée par la pression barométrique observée ou corrigée, et le produit étant divisé par l'unité de hauteur dont l'opérateur se sert ordinairement, le quotient est la mesure corrigée en ce qui tient à la pression.

Quant à la correction relative à la température, les

chimistes se contentent le plus souvent d'une déduction grossière de $\frac{1}{480}$, ou des 0,0020833 de la mesure observée pour chaque degré de Fahrenheit, en excès sur la température ordinaire à laquelle le chimiste fait ses observations; ou d'une addition du produit par la même fraction pour chaque degré de la même échelle au-dessous de sa température habituelle. Mais cette correction, comme ils veulent bien l'appeler, est fort incorrecte.

Les expériences de M. Gay-Lussac, sur lesquelles ils se fondent, ont démontré que, pour chaque variation d'un degré du thermomètre de Fahrenheit, en plus ou en moins, le volume du gaz pris à 32° ou au point de congélation de la même échelle, augmente ou diminue de $\frac{1}{480}$. La règle de correction qu'il faut appliquer à tout volume de gaz qui ne se trouve point à 32° consiste donc à ajouter à 480 le nombre de degrés au-dessus de 32°; à diviser par cette somme le volume observé, ce qui indiquera la dilatation ou la condensation pour chaque degré; à multiplier ce résultat par la différence de degrés entre la température observée et celle à laquelle le gaz doit être ramené; ce qui donnera par conséquent la dilatation ou la condensation totale : on soustrait ensuite ce produit si la température observée est au-dessus de la température corrigée, et on l'ajoute si la première se trouve au-dessous de la dernière. C'est ainsi qu'on tient compte de la condensation ou de la dilatation qui aurait effectivement lieu si la température du gaz était réellement ramenée au point désiré.

Pour éclaircir, par un exemple, ce que nous venons de dire : « Supposons que 100 pouces cubes de gaz à 70° de Fahrenheit doivent être ramenés à la température moyenne, ou à 60°, la différence entre 70°,

température observée, et 32°, est 38, qui, ajoutés à 480, font 518; les 100 pouces cubes, divisés par 518, donnent 0.19305 de pouce cube, nombre représentant la dilatation entière pour chaque degré, et qui, multiplié par 10, différence entre 70° et 60°, donne 1.9305 pouces cubes pour total de la dilatation; ce nombre, soustrait de 100 pouces cubes, laisse 98.069 pouces cubes, pour le volume qui serait occupé par le gaz, à 60° de Fahrenheit.

Supposons maintenant que les 100 pouces cubes soient observés à 50° au lieu de 70°, on obtiendra la dilatation pour chaque degré, en ajoutant 18, ou la différence de 32 à 50 à 480; ce qui donne 498: divisant 100 pouces cubes par ce nombre, on aura 0.2008032 de pouces cubes, pour représenter la dilatation pour chaque degré jusqu'à 50. Ce nombre, multiplié par 10, différence entre 50° et 60, donne 2.008032 pouces cubes, qui serait la dilatation entière pour les 10°, de 50° à 60°: ajoutant le volume observé, c'est-à-dire 100 pouces cubes, on obtient 102.008032 pouces cubes pour le volume corrigé.

Ces raisonnemens étant tout-à-fait généraux, nous n'avons point hésité à les laisser subsister dans l'ouvrage. Nos méthodes de réduction sont absolument les mêmes; à cela près qu'employant exclusivement le thermomètre centigrade, et non celui de Fahrenheit, la dilatation des gaz n'est plus $\frac{1}{480}$ par degré, mais $\frac{1}{266.67}$, ou 0.00375 de leur volume; non plus à 32° de Fahrenheit, mais à 0° centigrade, qui lui est équivalent. Nous ne repasserons donc point par la série de raisonnemens que nous venons de faire, et nous allons donner de suite les formules de correction pour la température et la pression:

Soit donc, ainsi que nous l'avons dit, la dilatation

cubique du gaz par chaque degré centigrade de o.00375, V le volume du gaz à une température t, et V' ce volume ramené à une température t', on a la relation :

$$V' = \frac{V(1 + 0.00375\,t')}{(1 + 0.00375\,t)}.$$

Donnons un exemple. (Voyez *Manuel d'applications mathématiques.*)

On demande quel serait, à 36°.25, un volume de 83,547, pris à 11°.23 ; on a ici $V = 83.547$, $t' = 36°.25$, $t = 11.23$; la formule devient donc :

$$V' = \frac{83.547 \times (1 + 0.00375 \times 36.25)}{(1 + 0.00375 \times 11.23)} = 91.083.$$

Mais on ramène toujours les volumes à *o*; de sorte que t' devenant *o* dans la formule, elle se simplifie et prend la forme

$$V' = \frac{V}{1 + 0.00375\,t}.$$

Ainsi, si l'on demandait quel serait à *o* un volume de gaz de 153.27, observé à 36,5, on aurait :

$$V' = \frac{153.27}{1 + 0.00375 \times 36.5} = \frac{153.27}{113.6875} = 134.815.$$

Voilà pour les températures. Il nous reste à parler des pressions ; or :

Soit p la pression observée, V le volume correspondant, p' une pression différente, et V' le volume correspondant à cette dernière, on a :

$$V' = \frac{Vp}{p'};$$

de sorte que, comme on réduit tout à la pression moyenne de o.76, cette relation prend la forme

$$V' = \frac{Vp}{0.76}.$$

On peut comprendre à la fois les variations de chaleur et de pression dans la même formule :

Soient donc v et v' les volumes d'un gaz aux températures centigrades respectives $t \,.\, t'$, et sous les pressions $p \,.\, p'$, ces pressions étant mesurées par la colonne de mercure du baromètre, on a la relation :

$$pv\,(1+0.00375\,t') = p'v'\,(1+0.00375\,t);$$

de sorte que, comme on ramène tout à la température o et à la pression 0.76 centimètres, v étant le volume qu'on observe, sous la pression p, à la température t, on a, pour le volume définitif v', toutes corrections faites :

$$v' = \frac{pv}{0.76(1+0.00375\,t)}.$$

APPAREIL DE CAVENDISH POUR MÉLANGER LES GAZ ET DÉTERMINER LEUR CONTRACTION PAR LA PRESSION.

Cet ingénieux appareil se trouve décrit, par son inventeur, dans les *Transactions Philosophiques.*

Le vaisseau *a*, figure 199 bis, est un cylindre de verre, fermé en bas et en haut par des couvercles de laiton ; le couvercle inférieur est ouvert, et s'ajuste dans un petit soubassement de même métal *d*, par le même mécanisme qui lie une baïonnette à un canon de fusil : le couvercle supérieur porte un robinet de cuivre *c*. Cette base est percée d'un trou *e* à son centre et fixée dans la cuve par le manche de cuivre *f*, de telle sorte, que l'orifice supérieur *c* se trouve à environ un demi-pouce au-dessous de la surface de l'eau. Le cylindre de Cavendish contenait 282 grains d'eau; il appelait cette capacité une mesure de gaz. Pour les mélanges d'air et d'acide nitreux, il se servait de trois flacons *m*, de grandeur différente : ces flacons étaient fermés à leur

fond par un chapeau de cuivre à bords suffisamment larges pour donner de la stabilité à l'appareil, et la partie supérieure portait un anneau par lequel on pouvait les suspendre au fléau d'une balance. Chacun de ces flacons avait sa mesure particulière *b*, qui servait à les remplir. Cette mesure *b* était en verre, fermée à son fond par un chapeau de cuivre, et elle portait un manche de bois, afin que la chaleur de la main ne se communiquât point à son contenu. Le plus petit de ces flacons contenait trois mesures de gaz, et son appareil de remplissage, une mesure un quart : le flacon moyen avait une capacité de six mesures ; celui de remplissage deux mesures et demie ; enfin, le plus grand en contenait douze, et celui qui servait à le remplir, cinq. Le premier servait aux essais sur l'air atmosphérique, le dernier à ceux de l'oxigène, et le flacon moyen n'était employé qu'à indiquer les volumes.

Soit qu'il fît usage du cylindre *a*, ou de la mesure *b*, il commençait par les remplir de gaz, et les plaçaient sur le pommeau de cuivre *o*, fixé à la tablette de la cuve, qui en chassait une partie du gaz, et laissait la quantité voulue, qu'on obtenait ainsi, avec plus d'exactitude que par tout autre moyen de mesurer. Mais comme la mesure des gaz est encore sujette à des erreurs considérables, qui résultent de l'adhérence aux parois des mesures, ou des tubes, d'une portion d'eau plus grande dans une circonstance que dans une autre, Cavendish préférait en déterminer les quantités, en pesant les vaisseaux sous l'eau ; prenant du reste quelques précautions pour que les fils métalliques auxquels ils étaient suspendus eussent une longueur telle, que la surface des gaz fût constamment au même niveau au-dessous de l'eau, les vases y plongeant en totalité.

Cavendish fait observer qu'il est nécessaire de faire

quelques changemens à la balance ordinaire, afin de la rendre propre à peser sous l'eau le vaisseau à gaz; car plus ce vaisseau plonge, plus le gaz se trouve comprimé; ce qui donne plus de poids à l'ensemble, et fait incliner le bras du fléau situé de ce côté. Il devient donc nécessaire, ou de placer l'index au-dessous du fléau, comme on le voit dans beaucoup de balances d'essai, ou d'employer tout autre moyen pour placer le centre de gravité assez au-dessous du centre de suspension pour que la balance oscille, en dépit de l'obstacle que la compression du gaz dans le vaisseau lui oppose.

Lorsque la combinaison a eu lieu par l'action réciproque du gaz, on pèse de nouveau l'appareil, et l'on calcule la contraction ou l'expansion.

Les élémens de ce calcul sont:

Le poids de l'appareil sous l'eau, lorsqu'il est rempli de ce liquide;

Son poids lorsque les gaz y sont introduits, mais non combinés; ce poids sera toujours moindre que le premier: leur différence sera égale au poids de l'eau déplacée par le gaz, déduisant le poids du gaz;

Son poids après la combinaison, qui, dans le cas où il n'y a point de changement de volume ni absorption par l'eau, sera le même qu'auparavant;

Dans le cas où la combinaison causerait une expansion, le poids sera diminué de celui du poids de l'eau égal à son plus grand déplacement.

Si, au contraire, les gaz se contractent, ou si l'eau les absorbe, le poids se trouvera augmenté.

Ce moyen de déterminer la quantité de gaz employée ou produite dans une opération quelconque, doit toujours être préféré lorsque les circonstances le permettront.

POMPE A AIR, MACHINE PNEUMATIQUE.

Les personnes qui font des cours de philosophie mécanique emploient, souvent cet appareil pour démontrer les propriétés générales, communes aux substances volatilisées, qui ne se condensent point à la plus basse température, et la plus grande pression de l'atmosphère à la surface de la terre; mais les chimistes l'emploient beaucoup moins : en effet, une simple seringue à exhaustion peut, dans presque tous les cas, remplacer cet appareil.

La quantité de pièces additionnelles, qu'on vend ordinairement avec la machine pneumatique, n'est point nécessaire au chimiste. La partie qui lui est nécessaire est la pompe, à laquelle il pourra ajouter tout au plus deux ou trois récipiens de diverses grandeurs, l'un d'eux, ouvert par le haut; un plateau, muni d'un fil métallique, traversant une boîte à cuir; un tube de cuivre, mais surtout un récipient surmonté d'un robinet, auquel au moyen d'une allonge, sera adapté, un ballon de verre, dont le col portera aussi un robinet.

Cet appareil sert à mesurer le poids spécifique des gaz, qu'on obtiendra de la manière suivante. On dévissera le ballon attaché au récipient, on le pesera avec soin; le robinet étant ouvert, on le vissera de nouveau au récipient, on fera jouer la pompe, c'est-à-dire qu'on épuisera le ballon; on fermera le robinet, et on pesera encore le ballon; on prend ordinairement la perte de poids, pour celui de l'air qu'on a enlevé au ballon.

On attache alors de nouveau le ballon au récipient qui, pendant l'intervalle, se sera rempli du gaz, dont on cherche le poids spécifique, et qui était placé dans la cuve; on ouvre le robinet, on laisse le gaz s'intro-

duire dans le ballon, et, s'il est possible, on fait coïncider le niveau du gaz dans le récipient et dans la cuve; dans le cas contraire, on mesure la différence de ces niveaux, et l'on en prend note.

Les chimistes se contentent, en général, de compter un tiers de grain par chaque centaine de pouces cubes de gaz employé dans l'expérience, pour faire la part de l'humidité. Lorsque le poids spécifique du gaz ne diffère point très-sensiblement de celui de l'air atmosphérique, et qu'ils sont l'un et l'autre exposés semblablement à l'humidité, on néglige cette dernière correction.

La machine pneumatique est quelquefois utile pour filtrer les liquides. Lorsque cette opération doit se faire sur une petite échelle, il suffit d'introduire un entonnoir dans l'ouverture supérieure du récipient, de luter le joint avec de la cire molle, donnant ensuite quelques coups de piston, la pression atmosphérique chassera le liquide à travers le filtre. Cette méthode a été mise en pratique sur une très-grande échelle pour forcer les liquides de passer à travers de nombreuses couches de flanelle; la pompe est alors mue par une machine à vapeur.

On a récemment employé la pompe à air à extraire une partie de l'air des appareils distillatoires, afin que la liqueur n'atteignît point la haute température à laquelle il eût fallu le soumettre, sous la pression atmosphérique.

POMPE DE CONDENSATION.

La pompe de condensation est moins employée que la machine pneumatique ou pompe à air, mais elle n'est point sans utilité; des manufacturiers ont même appliqué en grand cet appareil avec de très-grands avan-

tages, à la fabrication du papier et à la teinture des étoffes, par exemple.

La même machine sert quelquefois, à volonté, d'appareil d'exhaustion et de condensation.

Il est nécessaire qu'une pompe à condensation de laboratoire soit munie de tuyaux et de robinets, qu'on puisse y visser au besoin, afin qu'elle fasse le service, non-seulement du récipient qui y attient, mais encore de tout autre vaisseau qu'on y adapte, une bouteille de gomme élastique, par exemple.

SERINGUE A TRANSVASEMENT.

Cet appareil supplée quelquefois la machine pneumatique et la pompe de condensation; mais il est d'un pouvoir infiniment moindre. Cependant il peut être souvent fort utilement employé pour transvaser les gaz ou les liquides denses, les chasser dans le corps des animaux, ou retirer de l'estomac les substances délétères qu'on pourrait y avoir introduites.

La description de cet appareil, comme celles de la machine pneumatique et de la pompe de condensation, est du domaine de la mécanique. La seringue pneumatique est construite comme les canons ou cylindres des meilleures pompes à air, qui servent à la fois de pompes d'exhaustion et de condensation.

DU VIDE PRODUIT PAR LA VAPEUR.

En 1702, M. Savary, dans son *Ami du Mineur*, ouvrage dans lequel on retrouve la première description d'une machine à vapeur, fit connaître une méthode pour chasser l'air des vaisseaux, ou, comme on le dit ordinairement, pour produire le vide au moyen de la vapeur, fondée sur la difficulté que ces deux fluides élastiques éprouvent à se mélanger.

Ce n'est que depuis quelques années que M. Barry en a fait l'application aux appareils distillatoires, réduisant ainsi la température à laquelle les liquides qu'ils contiennent, peuvent être portés à l'ébullition, afin d'évaporer les sucs végétaux et les décoctions dans la préparation des extraits employés en médecine.

Le premier appareil de M. Barry se composait d'une marmite de fonte, à peu près hermétique, polie intérieurement et qui servait d'évaporatoire. Cette marmite reposait dans un autre vaisseau ouvert, en partie rempli d'eau échauffée par le tuyau à vapeur, faisant ainsi l'office d'un bain-marie.

Le couvercle ou la partie supérieure de cet évaporatoire était mise en communication avec une grande sphère de cuivre, d'une capacité trois fois aussi grande que celle-ci, et entourée d'eau froide, selon le besoin (Voyez la figure 200) : on peut appeler cette sphère le récipient. Le tuyau qui établit la communication entre ces deux pièces, porte un grand robinet qui peut servir à couper cette communication.

Voici la manière de se servir de cet appareil. On introduit l'infusion par une grande ouverture, pratiquée à la partie supérieure du vaisseau de fonte, qu'on referme hermétiquement, et qu'on recouvre d'eau. Le robinet qui établit la communication avec le récipient est fermé. Pour produire le vide on fait passer la vapeur d'une chaudière ou bouilloire dans la sphère creuse de cuivre jusqu'à ce qu'elle en ait chassé tout l'air, effet qui est produit au bout de cinq minutes à peu près, et qu'il est facile de reconnaître à ce que la vapeur sort, non condensée, par le robinet. A cet instant on ferme la sphère de cuivre, et l'on admet de l'eau froide autour de la surface extérieure. Le vide, ainsi produit dans la sphère qui contient les quatre

cinquièmes de l'air total de l'appareil, se partage, si l'on peut s'exprimer ainsi, avec le vaisseau de fonte, au moment où l'on ouvre le robinet, c'est-à-dire que les quatre cinquièmes de l'air du vaisseau de fonte passent dans la sphère; on referme alors le robinet, et l'on produit, au moyen de la vapeur, une seconde exhaustion, précisément comme la première fois; enfin, l'on rétablit de nouveau, et pour un moment, la communication entre le vaisseau de fonte et le récipient ou la sphère. De cette manière, les quatre cinquièmes de l'air qui restait après la première exhaustion, se trouvent chassés.

On échauffe alors le bain-marie dans lequel se trouve plongé le vase de fonte, jusqu'à ce que le fluide qu'on veut épaissir ou concentrer, commence à bouillir; ce dont on s'aperçoit en regardant à travers une petite vitre de verre très-épais, ajustée à l'appareil; on maintient ensuite la température de l'ébullition qui est indiquée par un thermomètre, jusqu'à ce que le fluide ait acquis le degré de consistance nécessaire, degré que la petite vitre sert encore à reconnaître. M. Barry a trouvé quelques avantages à préparer, en une seule opération, toute la quantité de matière que peut employer l'appareil pendant un jour entier. On enlève le résidu, ou l'extrait, comme on l'appelle, lorsqu'il a atteint le degré de consistance nécessaire, et si ce degré avait été dépassé, on l'obtiendrait de nouveau en échauffant doucement ce résidu, et le délayant dans une quantité d'eau convenable.

On juge du degré d'exhaustion par la hauteur d'une colonne de mercure, renfermée dans une jauge fixée au vaisseau; et bien qu'on n'emploie point de pompe, cette colonne atteint souvent la hauteur de 28 pouces pendant une ébullition rapide. M. Barry opère ordi-

36.

nairement avec une colonne qui n'a guère que deux pouces de moins que la hauteur barométrique ordinaire, et alors la température du liquide se trouve au-dessous de 100 degrés de Fahrenheit; on pourrait probablement le réduire à 90 degrés.

La figure 200 représente l'appareil de M. Barry: *a* est la marmite de fonte ou le vaisseau évaporatoire; *b* le bain-marie; *c* le tuyau à vapeur qui sert à échauffer ce bain; *d* le thermomètre qui marque la température intérieure; *e* l'un des couvercles qui porte la petite vitre; *f* le tuyau qui met la marmite en communication avec le récipient; *g* est la colonne de mercure qui indique le degré d'exhaustion; *h* est le robinet qui coupe ou établit, selon le besoin, la communication entre la marmite et le récipient; *i* robinet qui sert à introduire l'air; *k* est le récipient ou la sphère de laiton, placée dans le réfrigérant; *l* robinet par lequel on évacue l'eau de condensation; *m* robinet qui sert à introduire la vapeur pour chasser l'air.

MÉTHODES ET INSTRUMENS POUR TRAVAILLER LES APPAREILS.

Les appareils de verre, lorsqu'on les achète chez le fabricant, exigent souvent d'être taillés, coupés, percés, suivant certaines conditions que le fabricant ne peut prévoir; il est donc nécessaire que le chimiste puisse, au besoin, faire dans son laboratoire ces modifications aux instrumens qu'il achète.

COUPER LE COL DES VASES DE VERRE.

On connaît plusieurs méthodes pour couper le col des ballons, matras, cornues, etc., etc.

La première consiste à coller autour du col une bande de cuir épais, précisément à l'endroit où il doit être coupé; puis, au moyen d'une pierre à fusil aiguë, on trace le long de ce cuir une ligne qui sert à guider la lime à trois pans que le chimiste devra employer pour terminer l'opération. Il arrive souvent que le col tombe, dès que la lime a formé un léger sillon : cette méthode est la meilleure et la plus sûre.

Deuxième méthode. Comme dans la première, on fait une trace avec une pierre à fusil, et un léger sillon avec la lime; puis l'on trempe un fil de coton dans l'huile de térébenthine, on l'attache autour du col dans le sillon, on y met le feu, et l'on tourne le col pendant qu'il brûle, afin de l'échauffer également; la combustion terminée, on jette quelques gouttes d'eau froide à la place du fil, et généralement le col tombe. Cependant il arrive quelquefois que le vase craque sur le côté, surtout si l'opérateur n'a point par l'usage acquis la dextérité qu'exige cette opération.

Troisième méthode. On formera d'abord un sillon comme nous l'avons prescrit; puis, choisissant un anneau de fer du diamètre convenable, on le portera au rouge, et on fera passer le col du vase à travers cet anneau, afin de l'appliquer pendant quelques secondes à l'endroit où est le sillon. On enlève eusnite l'anneau, et jetant un peu d'eau froide à l'endroit où il était placé, le col tombe assez ordinairement; mais cette opération exige encore une certaine adresse pour établir, d'un seul coup, le contact entre le col du vase et toute la circonférence de l'anneau. Les chimistes qui emploient cette méthode, ont un assortiment d'anneaux de différentes grandeurs; quelques autres ont des pincettes, dont les deux branches se meuvent sur un même axe placé au milieu de leur longueur,

et portant à chacune de leurs extrémités des demi-cercles de grandeur différente.

On coupe encore le col des vases de verre au moyen d'une roue en cuivre, et à l'aide d'huile et d'émeri; mais cette méthode n'est point celle des chimistes.

Lorsqu'on emploie la première méthode, les bords du col, après avoir été taillés, sont très-coupans, de sorte qu'il devient nécessaire de les limer un peu pour ne point se blesser.

Baumé qui, de concert avec le Dr Macquer, fit pendant seize ans des cours de chimie, dans lesquels il ne faisait pas moins de deux mille expériences et opérations chaque année, employait la méthode suivante pour couper à la fois les cols de deux douzaines de ballons, matras ou autres vaisseaux.

Il tendait un cordeau le long d'un banc ou d'une planche, et y plaçait les appareils, de manière que les endroits où leurs cols devaient être coupés, se trouvassent tous sur la même ligne; et pour occuper moins de place, il en tournait la panse alternativement à droite et à gauche du banc. Cela fait, il délayait du plâtre, l'appliquait entre les cols des vaisseaux, et le laissait sécher; alors, avec une scie et de la sciure de pierre, il coupait ou plutôt sciait tous les cols à la fois.

DES MOYENS DE PERCER LES VAISSEAUX DE VERRE ET DE GRÈS.

La méthode la plus simple pour perforer la panse d'un ballon, la voûte d'une cornue, etc., consiste à choisir d'abord, s'il est possible, le lieu où le verre aura un défaut, une soufflure : en y faisant tourner une pointe d'acier très-dur on parviendra à percer un petit trou, qu'on élargira ensuite avec une lime en

queue de rat. Il faut avoir le soin de choisir une lime plus petite que le trou; car si on la forçait un peu pour la faire entrer, l'effort nécessaire pour la dégager ensuite briserait le verre.

On perfore les vaisseaux de grès en les mettant entre les deux genoux, et y faisant entrer un poinçon d'acier bien dur avec un marteau; si l'ouverture doit être large, on perce plusieurs trous de la même manière suivant la trace de ses limites, et l'on enlève l'intérieur par un bon coup de marteau donné bien *sec;* on la finit ensuite au moyen de la lime, et l'on use avec du sable et de l'eau, ou de l'huile et de l'émeri, un bouchon de verre ou de grès pour la fermer.

La méthode du Dr Lewis, pour perforer les récipiens de verre et y introduire des baromètres, est la suivante: il collait sur le récipient un morceau de cuir épais percé en son milieu d'un trou précisément égal à celui qu'il désirait pour l'appareil; il remplissait alors d'émeri la cavité formée par ce morceau de cuir, et il faisait tourner dans cette cavité un instrument d'acier dont l'extrémité frottante portait une petite cavité qui retenait l'émeri jusqu'à ce que le verre fût percé.

On perce encore le verre ou le grès avec une tarière qui enlève un morceau circulaire du vase; mais ce moyen ne peut être employé que pour les trous de quelques lignes de diamètre; on regarde comme le meilleur moyen de percer le verre ou la porcelaine, l'emploi d'un diamant monté dans une pièce de cuivre qu'on tourne à la main ou au moyen d'un vilbrequin. Quelques personnes préfèrent, avec raison, placer le vilbrequin dans une petite presse semblable à celle des graveurs de cachets, le mouvement de rotation est

alors moins vacillant ; dans tous les cas on se sert d'huile fine pour aider l'action du diamant.

DES LUTS EMPLOYÉS EN CHIMIE.

La nécessité d'assurer les joints des appareils chimiques pour prévenir les fuites, est assez évidente pour que nous n'ayons pas à la démontrer. Toutes les matières qu'on emploie prennent le nom de lut ; il est nécessaire qu'ils soient impénétrables aux substances les plus subtiles qui peuvent se dégager pendant une opération.

DE LA CIRE JAUNE.

La cire jaune peut souvent servir de lut, on la rend moins cassante, mais en même temps plus fusible en la faisant fondre avec un huitième de son poids de térébenthine. Sous ce dernier état, ce lut n'est nullement gênant, il s'attache fortement au verre, et se laisse très-difficilement pénétrer. On peut le rendre plus épais et plus ou moins dur et souple en mélangeant avec lui diverses résines. Quoique cette espèce de lut retienne parfaitement les gaz et les vapeurs, il est des expériences de chimie qui exigent une telle chaleur, qu'il ne tarde pas à se liquéfier et à les laisser échapper.

On emploie encore la cire d'abeille pour fermer le petit trou qu'on laisse quelquefois dans les récipiens qui servent à la distillation de substances dont les vapeurs se condensent très-difficilement ; enfin, on l'emploie pour boucher les flacons qui contiennent des acides ou des liquides alcalins lorsqu'on n'a rien de plus convenable sous la main.

LUT DE PAPIER ET DE VESSIE.

On regarde comme tout-à-fait suffisant, dans bien

des cas, d'étendre sur les joints de petites bandes de papier enduites de colle.

On se sert aussi fort souvent de bandelettes de vessies ou de boyaux, qu'on se contente d'humecter, et qu'on fixe ensuite sur les joints avec du ruban de fil. Elles sèchent bientôt et adhèrent avec assez de force, pourvu que les vapeurs ne soient, ni acides, ni salines.

Les vessies adhèrent encore mieux et ferment les joints avec bien plus de force lorsqu'on les a laissé tremper dans l'eau pendant quelque temps; il faut qu'elles soient tout-à-fait pourries, que leur odeur soit insupportable, et qu'elles s'attachent aux doigts; on en forme des boulettes avec les mains, qu'on applique ensuite autour des joints.

LUT ORDINAIRE.

Le lut ordinaire se compose de farine de graine de lin broyée dans un mortier avec la quantité de colle d'amidon suffisante pour faire une pâte bien homogène. Les chimistes français se servent de ce lut pour recouvrir leurs bouchons de liége; ils en appliquent une petite couche et la recouvrent de quelques bandes de papier Joseph trempées, pour plus de sûreté, dans la colle-forte.

Cavendish broyait des amandes dans un mortier, et les incorporait dans de la colle-forte légère; ce lut résiste à la pression de plusieurs pouces d'eau.

LUT A LA CHAUX.

On emploie beaucoup ce lut, non-seulement pour fermer les joints des appareils, mais pour raccommoder les vases de terre et de verre qu'on a pu casser.

On le prépare en mélangeant rapidement de la chaux vive en poudre fine avec un blanc d'œuf dé-

layé dans son volume d'eau. Quelquefois on remplace le blanc d'œuf, soit par une dissolution de colle-forte assez légère pour demeurer liquide à froid, soit par un mélange fait en écrasant dans un mortier du vieux fromage avec de l'eau jusqu'à consistance de crême, on l'étend sur des bandes de linge, et l'on s'en sert à l'instant où l'on vient de le préparer, car il durcit très-promptement.

Ce lut est fréquemment employé pour recouvrir les bouchons des flacons; les chimistes français s'en servent aussi pour enduire les bouchons avant de les introduire dans le col de la cornue.

On enlève assez ordinairement ce lut en l'entortillant pendant quelque temps avec des chiffons humides, auxquels on peut ajouter de l'esprit de sel (acide hydrochlorique).

DU LUT GRAS.

Ce lut est le meilleur qui ait été jusqu'ici découvert, pour assurer les joints des appareils distillatoires où des vapeurs difficilement condensables se dégagent; cependant il a aussi ses inconvéniens. On le prépare en battant dans un mortier de l'argile bien sèche avec de l'huile de lin bouillie; quelquefois on remplace l'huile de lin par du vernis d'ambre, ou plutôt on mélange avec l'huile de lin de l'ambre jaune qu'on a fait fondre dans une cuillère de fer. Bien que le lut préparé de cette dernière manière soit regardé comme supérieur au premier, cependant cette supériorité n'est point en raison de la dépense qu'il occasionne; aussi n'est-il guère employé que par ceux qui n'estiment les choses que par leur prix coûtant.

Le lut ci-dessus résiste à un haut degré de chaleur; il est impénétrable aux acides et aux liqueurs spiri-

tueuses; il adhère avec force aux métaux, au grès, au verre, pourvu que ces substances soient parfaitement sèches. Mais si malheureusement la liqueur, pendant le cours de l'opération, vient à passer entre le verre et le lut, ou entre les couches de ce dernier, de manière à l'humecter, il devient extrêmement difficile de boucher la fuite.

C'est là le principal inconvénient attaché à l'emploi de ce lut, peut-être même est-ce le seul. Comme il se ramollit à la première impression de la chaleur, on le recouvre de bandelettes de vessie mouillées et liées avec de la ficelle, en hélices très-serrées. Avec ces précautions, il n'y a plus de danger à craindre, et l'on peut regarder le joint comme parfaitement fermé.

Il arrive souvent que la forme des joints ne permet point l'application du fil ou du petit ruban; et comme il faut beaucoup d'adresse pour ne point donner de secousses à l'appareil, il n'est point rare que, pendant qu'on lute un des joints, l'autre se dérange. Dans ce cas, il faut employer des bandes de linge enduites de lut à la chaux, au lieu de vessie humide. On applique ces bandes tout humides; elles sèchent très-promptement et durcissent beaucoup. On applique aussi ces sortes de bandelettes sur les joints lutés avec la cire et la résine.

Avant d'appliquer un lut, les joints des vases doivent être ajustés avec assez de soin pour avoir une certaine solidité. S'il s'agit de luter le col d'une cornue à celui d'un récipient, ils doivent avoir, à peu de chose près, les mêmes dimensions; quand il n'en est pas ainsi, on remplit l'espace vide avec du bois tendre ou du liége. Enfin, si la disproportion était fort considérable, on introduirait dans le col du récipient un bouchon de liége percé d'un trou circulaire, du diamètre nécessaire

pour recevoir le col de la cornue. Mêmes précautions pour adapter des tubes recourbés aux goulots des bouteilles : si le bouchon de liége doit recevoir deux, trois tubes, on le perfore de deux, trois trous, au moyen d'un fer rouge, qu'on élargit ensuite avec une lime en queue de rat.

Lorsque tout l'appareil est bien solidement ajusté, on commence à appliquer le lut; mais, quoique cette opération paraisse extrêmement simple, elle exige une certaine adresse et surtout beaucoup de soin, pour ne point déranger un joint pendant qu'on arrange l'autre, et pour enrouler les bandelettes.

Il est nécessaire, avant de commencer une expérience, d'essayer préalablement le lut, soit en échauffant légèrement la cornue, soit en introduisant un peu d'air par les tubes de sûreté; car une augmentation de pression changera bientôt le niveau des liquides. Si les joints sont bien fermés, cette différence de niveau persistera; au contraire, les liquides reprendront bientôt le même niveau, si les joints laissent le plus petit jour.

LUT POUR L'EXTÉRIEUR DES VASES.

Il est souvent nécessaire de luter l'extérieur des vaisseaux, c'est-à-dire de les recouvrir d'une légère couche de matières propres à les garantir contre les changemens subits de température auxquels ils sont quelquefois exposés, comme, par exemple, lorsqu'on ouvre la porte d'un fourneau pour y remettre du combustible. Cette couche de lut sert encore à conserver leur forme aux vaisseaux de verre qui pourraient se ramollir à la chaleur.

Le lut qu'on emploie ordinairement à cet usage se compose d'environ dix livres d'argile réfractaire, d'une

livre de quelque autre argile fusible, de deux livres de gros sable, et d'une once de crottin de cheval. Le tout doit être bien battu avec un peu d'eau. Voici comment on applique ce lut : on en pétrit bien une portion avec la main, et l'on en forme une galette bien plate, dans le milieu de laquelle on place la cornue; on relève la galette tout autour, et on l'applique à la surface jusqu'au milieu de la longueur du col, sans la briser ni la fendre, de manière que la couche n'ait pas plus d'un demi-pouce d'épaisseur et soit partout bien égale. Si le lut se fendillait, on l'enleverait en entier, et il faudrait le battre de nouveau.

Cela fait, on met la cornue de côté, pour laisser sécher cette enveloppe, qu'on amincit ensuite bien également, jusqu'à ce qu'elle n'ait plus qu'un quart de pouce d'épaisseur.

Il est nécessaire que ce lut soit un peu fusible, afin qu'il ne s'écaille point. Si le feu ne doit point être très-violent, on peut ajouter une once ou deux de litharge ou de minium au mélange; et le lut, une fois sec, est recouvert avec de la litharge ou du minium mêlé avec de l'huile de lin.

Quelques chimistes ajoutent assez d'eau au mélange pour lui donner la consistance de la crême, et plongent dans ce liquide épais la cornue, qu'ils y font tourner, afin de l'en couvrir également; ils la tiennent ensuite au-dessus du feu, pour faire sécher le lut, la replongent encore, la font sécher de nouveau, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la couche de lut soit d'une épaisseur convenable.

M. Willis préférait la chaux vive pour les luts de ce genre. Il faisait bouillir deux onces de borax dans une demi-pinte d'eau, et y ajoutait autant de chaux vive en poudre fine qu'il en fallait pour donner au mélange

la consistance de la crême; puis, au moyen d'une brosse de peintre, il recouvrait la cornue d'une couche de ce mélange d'environ un huitième de pouce d'épaisseur. Lorsque cette couche était sèche, il la recouvrait, toujours au pinceau, d'une autre couche mince de chaux éteinte et d'huile de lin. Ce lut peut encore servir à raccommoder les cornues qui craquent dans une opération quelconque.

APPAREILS DIVERS.

On trouve ordinairement, dans un laboratoire de chimie, un grand nombre d'appareils qui s'y accumulent par degrés, à mesure que l'opérateur étend ses opérations, et qu'il est bien inutile de chercher à décrire. Nous nous bornerons à ceux dont l'emploi est le plus fréquent.

On voit, figure 201, les pinces dont se sert le chimiste pour placer ses creusets dans le fourneau de fusion;

Figure 202, les pincettes qui font le service du fourneau à vent de Glauber;

Figure 203, les pincettes ordinaires, dont on doit avoir plusieurs paires de différentes grandeurs;

Figure 204, les pinces pour le service des têts et coupelles sous la moufle;

Figure 205, les petites pinces terminées par des bouts de platine, et qui servent à soumettre les substances à l'action du chalumeau. Elles se composent de deux petites lames d'acier de quatre pouces de longueur environ, terminées elles-mêmes par deux autres petites lames triangulaires de platine d'un pouce un quart de longueur, rivées sur les lames d'acier.

Les longues branches de ces pinces sont d'acier trempé très-dur; elles restent ouvertes tant qu'on

n'exerce point de pression. Les pointes de platine, au contraire, demeurent fermées tant que l'opérateur ne presse point les épingles qu'on voit sur le côté : ces pointes de platine doivent être très-déliées.

La figure 206 représente les pinces dont les chimistes français se servent pour porter des substances réduites en poudre dans la partie courbe des cloches et à travers un liquide ; ils les appellent pinces à cuillères, parce qu'en effet elles sont terminées par deux poches ou cuillères dans lesquelles on enferme la substance pour la faire passer sous la cloche.

La métallurgie est une des parties les plus intéressantes de la chimie; aussi trouve-t-on, dans la plupart des laboratoires, des moules ou lingotières dans lesquels on coule les métaux en fusion, pour les former en plaques, en barres, en baguettes, ainsi que des cônes (qu'on graisse et qu'on échauffe préalablement) dans lesquels on verse la matière contenue dans les creusets, afin que les diverses parties qui la constituent, s'arrangeant dans l'ordre de leur poids spécifique, le métal se rassemble au fond.

Il est encore deux ou trois appareils dont il est nécessaire que nous disions quelques mots.

L'agitateur, qui n'est qu'une forte bouteille dont les côtés ne sont point droits, mais, au contraire, présentent une série de contractions circulaires, et dans laquelle on introduit les liquides qui se mêlent difficilement. On conçoit qu'en agitant ce flacon on multiplie les points de contact, et le mélange devient bien plus facile.

Le digesteur de Papin, qui se compose d'un vase de fonte de quelques lignes d'épaisseur, et dont le couvercle de même métal est maintenu par une bride et une vis de pression. Ce couvercle a un petit trou

fermé par un clapet attaché à un levier qu'on charge de poids plus ou moins forts : c'est une soupape de sûreté. Cet appareil sert à augmenter l'action dissolvante de l'eau ou des huiles; comme l'eau s'échauffe sans pouvoir se vaporiser, la température l'élève considérablement, et toujours en raison de l'épaisseur du vase ou de la résistance qu'il oppose à son expansion. L'auteur de cet appareil s'en est servi pour ramollir les os, et pour obtenir beaucoup de produits, tels que la gélatine, etc., etc. On l'emploie pour faire dissoudre l'ambre dans l'huile de lin.

RÉSERVOIR A EAU CHAUDE.

Lorsqu'on a l'occasion d'employer tous les jours un appareil à vapeur de quelque genre qu'il soit, il est convenable d'avoir un réservoir pour fournir de l'eau chaude à l'appareil.

M. W. Strutt de Derby éprouva beaucoup de désagrémens de la mauvaise construction du réservoir qu'il avait établi dans sa propre maison. Le robinet de remplissage se dérangeait souvent; celui qui fournissait l'eau, étant situé à quelques yards du vaisseau qui contenait l'eau, l'eau de ce tuyau se refroidissait, il fallait toujours l'évacuer d'abord; l'appareil de la figure 207 remédie à tous ces inconvéniens : il se compose d'un vase cylindrique en fonte *a* de vingt-quatre pouces de diamètre et de quatorze pouces de profondeur intérieure, parfaitement imperméable à l'eau : c'est le réservoir. Un tuyau *b* entre à la partie inférieure de ce réservoir; il n'a ni soupape, ni robinet. Ce tuyau est en communication avec un grand réservoir d'eau froide *c*, dont le fond doit être un peu plus élevé que la partie supérieure du réservoir d'eau chaude *a*, dont un tuyau *d* d'un quart de pouce de

diamètre s'élève à la hauteur de la partie supérieure du réservoir d'eau froide *c*. On donne, à la partie supérieure de ce tuyau *d*, la forme d'un entonnoir pour empêcher l'eau de se répandre; ce qui, autrement, pourrait avoir lieu par un dégagement rapide de l'air qu'elle pourrait contenir, ou par toute autre cause. Par ce moyen le réservoir d'eau chaude devient une partie du réservoir d'eau froide *c*, et à quelque distance qu'il soit situé de ce dernier, il se remplira continuellement, quelque peu d'eau que *c* contienne.

Deux cylindres de fonte *e f*, ayant chacun trois pouces de profondeur, et d'un diamètre tel, que le réservoir d'eau chaude puisse les recevoir facilement, communiquent l'un avec l'autre par un tuyau placé au centre et qui les sépare l'un de l'autre de deux pouces. Un tuyau *i* traverse le fond du cylindre supérieur et la partie supérieure du cylindre inférieur, qui est supporté par trois pieds *k k k*, à deux pouces du fond du réservoir d'eau froide. Un tuyau *l*, qui part du cylindre supérieur, le met en communication avec une chaudière à vapeur; ce tuyau traverse la paroi du réservoir, mais il n'a point d'autre communication avec ce dernier. Un autre tuyau *m* se dirige du fond du cylindre inférieur, pour gagner celui du réservoir; il en traverse la paroi latérale, et se relève en col de cygne pour empêcher l'eau de s'échapper jusqu'à ce que le cylindre soit plein. Le réservoir d'eau chaude se trouve donc ainsi divisé en trois compartimens : l'un entre les deux cylindres, le second au-dessus d'eux, et le troisième au-dessous. Le compartiment supérieur a lui-même un tuyau *n*, qui traverse la paroi latérale du réservoir, et vient se rendre sur sa ligne milieu en prenant la forme d'un entonnoir, dont la section supérieure est parallèle à la face du réservoir

qu'il regarde, et en est éloigné d'environ un demi-pouce.

L'appareil fonctionne de la manière suivante. Le réservoir à eau chaude est d'abord rempli d'eau froide ; on introduit ensuite la vapeur dans le cylindre supérieur qui est vide. Elle s'y condense en dégageant une certaine quantité de chaleur qui se communique aux parois du cylindre, et de là à l'eau dont il est entouré. Les portions de cette eau qui se trouvent en contact avec la partie supérieure du cylindre, acquièrent, en s'échauffant, un poids spécifique moindre, commencent à s'élever et se trouvent remplacées par l'eau plus froide qui se trouvait au-dessus d'elles, et qui, à son tour, vient se mettre en contact avec le cylindre, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elles soient très-voisines de l'ébullition; mais il n'y a guère que les couches qui avoisinent le dessus du cylindre qui parviennent à ce degré de température, en se déplaçant successivement; et celles qui se trouvent situées sur les flancs ou vers le fond ne ressentent presque point l'action des plus hautes couches, l'eau, comme on le sait, étant un fort mauvais conducteur. Cependant l'eau qui résulte de la condensation des vapeurs dans le cylindre supérieur, s'écoule dans l'inférieur, et communiquant à ses parois, et de là à l'eau qui l'entoure, toute la chaleur qui lui reste, les couches situées au-dessus de ce cylindre ne tardent pas non plus à acquérir la température de l'ébullition. L'eau s'accumule alors dans ce dernier cylindre, et s'y élève jusqu'à la hauteur de l'arche du tuyau *m;* passé ce terme, elle s'écoule bouillante; enfin elle est chassée par la vapeur qui finit par passer seule à travers ce tuyau. Arrivé à ce point, on lui ferme tout accès en tournant le robinet du tuyau *l* de la chaudière. L'eau distillée se recueille dans un autre petit réservoir, où l'on peut la conser-

ver pour les besoins du laboratoire, ou bien on la fait servir de suite à des usages domestiques.

Le compartiment supérieur ayant un peu plus de trois pouces de profondeur, contient environ cinq gallons; cette quantité est arrivée au point d'ébullition fort peu de temps après l'introduction de la vapeur, à travers un tuyau d'un pouce; les parties inférieures étant d'ailleurs tout-à-fait froides.

Le réservoir, renfermé dans une enveloppe de bois, conserve l'eau suffisamment chaude pour quelque opération que ce soit pendant dix-huit heures environ, sans qu'on ait besoin d'introduire de nouvelle vapeur. Et comme le tout est en fer, qu'il n'y a ni clapet, ni soupape, ni robinet, ni partie mobile en un mot, on n'a point à craindre qu'il se dérange, s'il a d'abord été bien construit.

On trouve dans quelques auteurs une liste d'articles nécessaires à l'ameublement complet d'un laboratoire d'expériences: nous n'entrerons point dans cette longue énumération, parce qu'il nous est impossible de prévoir ce dont chacun peut avoir besoin pour le genre particulier de recherches dont il s'occupe.

Nous nous bornerons à recommander aux commençans: 1° De n'acheter jamais que ce qu'il leur est absolument impossible de faire eux-mêmes; car construire soi-même les appareils est la meilleure introduction possible à la partie technique; ils acquerront d'ailleurs ainsi une grande facilité dans la partie manuelle des expériences, et auront plus de confiance dans leurs résultats. Celui qui achète des préparations toutes faites, ou ce qu'on appelle des réactifs, n'est qu'un demi-chi-

miste d'un degré au-dessus de celui qui fait de la chimie en se contentant de lire les ouvrages publiés sur cet art.

2° Ils ne doivent jamais acheter d'appareils nouveaux, qu'autant qu'il y a impossibilité bien démontrée d'opérer avec ceux qu'ils possèdent déja : c'est en se conformant strictement à cette règle qu'on parviendra aux méthodes les plus simples.

Schéele et Berzélius, les deux théoriciens qui ont eu le plus de succès, se sont toujours fait remarquer par la simplicité de leurs appareils. Stahl, Lemeri et Baumé, qui ont le plus fait pour la chimie pratique, ont constamment visé à cette économie dans les moyens.

FIN DU PREMIER VOLUME.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE PREMIER VOLUME.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

une marche rigoureuse et méthodique dans la disposition des parties, c'est-à-dire emprunter aux mathématiciens leur méthode, en laissant de côté leur langage, qui n'est point toujours intelligible pour les masses. 3° Remplacer (et ceci est un des traits caractéristiques de l'ouvrage), dans le développement des lois de la science, les expériences artificielles et les raisonnemens secs et abstraits par l'examen des phénomènes si variés et si nombreux que nous offre la nature. 4° Ne rien offrir aux lecteurs d'assez peu intéressant pour ne point se graver dans la mémoire. 5° Se mettre à la portée des masses, c'est-à-dire des personnes qui, sans s'être livrées d'une manière spéciale à l'étude des sciences, ont cependant reçu l'éducation de nos colléges. 6° Faire entrer dans son plan les découvertes les plus modernes, de manière à préparer des progrès ultérieurs. Ces conditions, dans lesquelles l'auteur s'est strictement renfermé, donneront peut-être une idée générale de ce livre, qui, pour nous servir d'une expression originale d'Arnott, est destiné à transformer le coin du feu en une école où chacun pourra, sans fatigue, se familiariser avec les théories les plus élevées de la philosophie naturelle.

Le 2e volume, dont la publication suivra de près celle du premier, renfermera :

L'optique, — le calorique, — l'électricité et le magnétisme; — enfin l'astronomie.



